Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт
эффективности и безопасности горного производства»

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

На правах рукописи

ХАЖИЕВ Вадим Аслямович

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Специальность 2.8.8 «Геотехнология, горные машины»

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант
Хорешок Алексей Алексеевич,
доктор технических наук, профессор

Кемерово – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ *4*

Глава 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ *15*

1.1. Тенденции функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия *15*

1.2. Научно-методическая база развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия *23*

1.3. Постановка проблемы исследования *38*

Выводы по 1 главе *51*

Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ *52*

2.1. Предназначение, структура и свойство адаптивности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования *52*

2.2. Взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования *65*

2.3. Закономерности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования *87*

Выводы по 2 главе *100*

Глава 3. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ *103*

3.1. Проблемы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования *103*

3.2. Возможности повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования *114*

3.3. Концепция развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования *140*

Выводы по 3 главе *146*

Глава 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 148

4.1. Критерий и показатели функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования 148

4.2. Механизм и методы обеспечения комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования 171

4.3. Методический инструментарий развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования 207

Выводы по 4 главе 215

Глава 5. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ 218

5.1. Результаты реализации методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на предприятиях открытой разработки месторождений 218

5.2. Результаты применения методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на предприятиях подземной разработки месторождений 257

5.3. Разработка рекомендаций по эффективному применению методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования 272

Выводы по 5 главе 284

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 287

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 291

ПРИЛОЖЕНИЯ 328

Приложение А 329

Приложение Б 336

Приложение В 341

Приложение Г 353

Приложение Д 365

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Система эксплуатации комплекса технологического горного оборудования является одной из ключевых систем горнодобывающего предприятия, преобразующей около 75% всех производственных ресурсов. В связи с усилением кризисных явлений в глобальной экономике закономерно возрастают требования к эффективности горного производства, что вынуждает предприятия непрерывно развивать систему эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Развитие этой системы, осуществляемое в течение последних двух десятилетий посредством непрерывного масштабного технического переоснащения комплексов технологического горного оборудования и формирования специализированных сервисных предприятий по его ремонтному обслуживанию, характеризуется двумя тенденциями: в период 2000-2017гг. на передовых предприятиях горной промышленности производительность комплексов технологического горного оборудования поступательно увеличилась в 1,7 раза, производительность труда – в 3,8 раза; в период 2017-2022гг. эти показатели практически не повысились. Результатом стало то, что на предприятиях не осваиваются выявленные в ходе настоящего исследования резервы увеличения в 1,5-2,0 раза производительности оборудования и труда персонала в условиях продолжающегося роста требований к эффективности горного производства, что снижает конкурентоспособность горнодобывающих предприятий России.

Сложившаяся ситуация обусловлена тем, что в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования сохраняется доминирование подсистемы организации работы горного оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания, что приводит к их неэффективному взаимодействию. Для полноценной реализации предназначения этой системы – обеспечение эффективной и надежной работы комплекса технологического горного оборудования в процессах добычи,

транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого – необходимо осуществление сбалансированного развития ее подсистем. Существующая методологическая база недостаточна для решения этой важной народнохозяйственной проблемы, что обусловливает актуальность разработки методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия, обеспечивающих совершенствование взаимодействия ее подсистем.

Степень разработанности темы исследования

Разработка теории проектирования горного производства, определение параметров и режимов горных работ, транспортных систем карьеров, а также комплексной механизации технологических процессов горных работ являются основополагающим направлением обеспечения устойчивого развития горнотехнических систем, под которыми понимается совокупность горных конструкций и технологических подсистем во взаимодействии с вмещающими их участками недр. Научно-методические основы устойчивости функционирования горнотехнических систем, а также их развития наиболее полно раскрываются в трудах отечественных ученых: академиков Агошкова М.И., Мельникова Н.В., Ржевского В.В., Трубецкого К.Н.; чл.-корр. РАН Каплунова Д.Р., Яковлева В.Л.; профессоров и докторов наук Арсентьева А.И., Гавришева С.Е., Галкина В.А., Зотеева В.Г., Зотеева О.В., Зуркова П.Э., Истомина В.В., Калмыкова В.Н., Коваленко В.С., Корнилкова С.В., Косолапова А.И., Мельника В.В., Рыльниковой М.В., Саканцева Г.Г., Сафронова В.П., Секисова А.Г., Соколовского А.В., Томакова П.И., Фомина С.И., Холоднякова Г.А., Хохрякова В.С. и др. Результаты исследований данных ученых позволили предложить подход к выбору требований к параметрам системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования для обеспечения рационального освоения месторождения полезных ископаемых и достижения стабильных показателей качества продукции горнодобывающих предприятий.

Методические основы и практические разработки по освоению параметров системы эксплуатации различных видов горного оборудования на отдельных этапах производственного цикла горнодобывающих предприятий содержатся в научных трудах профессоров и докторов наук Агафонова В.В., Азева В.А., Андреевой Л.И., Анистратова Ю.И., Анистратова К.Ю., Артемьева В.Б., Афанасьева А.И., Боярских Г.А., Буялича Г.Д., Васильева М.В., Виницкого К.Е., Галиева С.Ж., Герике Б.Л., Гончаренко С.Н., Довженка А.С., Домбровского Н.Г., Жабина А.Б., Захарова А.Ю., Зырянова И.В., Иванова С.Л., Кантовича Л.И., Касьянова П.А., Квагинидзе В.С., Килина А.Б., Клишина В.И., Кубачека В.Р., Кулешова А.А., Лагуновой Ю.А., Леля Ю.И., Макарова А.М., Маметьева Л.Е., Махно Д.Е., Морина А.С., Морозова В.И., Подэрни Р.Ю., Потапова М.Г., Рахутина Г.С., Саитова В.И., Сатовского Б.И., Солода Г.И., Трифанова Г.Д., Хорешка А.А. и др. Результаты научно-практической деятельности перечисленных ученых и специалистов позволяют выработать методологический инструментарий для повышения эффективности организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования на каждом технологическом этапе производственного цикла горнодобывающего предприятия.

Однако в этих работах уделено недостаточно внимания обобщению и развитию научно-методической базы результатов исследования влияния тенденций функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на показатели деятельности предприятия. В связи с этим для разработки методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, имеющих важное народнохозяйственное значение для повышения конкурентоспособности горнодобывающих предприятий России, требуется проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Объект исследования – процесс функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия открытого способа разработки в условиях возрастания требований к эффективности производства.

Предмет исследования – взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия открытого способа разработки, функционирующей в условиях возрастания требований к эффективности производства.

Цель исследования – выявление закономерностей функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования при ведении открытых горных работ в условиях возрастания требований к эффективности производства для решения научной проблемы разработки методологических основ ее развития, имеющей важное народнохозяйственное значение в повышении конкурентоспособности горнодобывающих предприятий России.

Идея исследования – развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования в условиях возрастания требований к эффективности производства предприятия осуществляется в результате улучшения взаимосоответствия и взаимодополнения ее подсистем для обеспечения наиболее полной реализации предназначения системы.

Задачи исследования

1. Выполнить исследование состояния и тенденций функционирования систем эксплуатации комплексов технологического горного оборудования.

2. Обосновать критерий развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования с позиции комплементарного подхода.

3. Выявить закономерности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, предопределяющие изменение уровня реализации ее предназначения.

4. Разработать риск-ориентированный подход к снижению риска сбоя производственного цикла предприятия в процессе функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

5.Разработать и реализовать на горнодобывающих предприятиях методический инструментарий развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Научная новизна исследования:

1. Обоснован комплементарный подход к развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, заключающийся в совершенствовании взаимодействия подсистем организации его работы и ремонтного обслуживания.

2. Обоснованы показатели приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, которые в общем виде отражают эксплуатационные характеристики комплекса технологического горного оборудования.

3. Обосновано, что взаимосоответствие и взаимодополнение подсистем организации работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования характеризуют развитие системы эксплуатации этого комплекса с позиции комплементарного подхода.

4. Выявлены закономерности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обусловливающие уровень реализации ее предназначения.

5. Обоснованы универсальные для различных видов технологического горного оборудования характеристики качества выполнения функций подсистемами организации их работы и ремонтного обслуживания.

6. Разработан риск-ориентированный подход к снижению риска сбоя производственного цикла предприятия, учитывающий качество условий работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования и включающий выбор стратегии проведения его ремонта.

7. Разработан методический инструментарий развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, позволяющий обеспечивать комплементарность ее подсистем для реализации требуемого уровня предназначения системы.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Выявлено, что ключевой особенностью и тенденцией функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на горнодобывающих предприятиях России, предопределяющей замедление освоения ранее созданных возможностей повышения производительности горного оборудования и труда персонала, является доминирование подсистемы организации работы горного оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания.

2. Обоснован критерий развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия – комплементарность ее подсистем, отражающий их взаимосоответствие и взаимодополнение. Выявлены характерные интервалы комплементарности подсистем и соответствующие им показатели приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, отражающие в общем виде изменения эксплуатационных характеристик комплекса технологического горного оборудования.

3. Обоснованы методологические основы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия, включающие: комплементарный подход; критерий и показатели комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования; закономерности функционирования системы и алгоритм ее развития.

4. Результаты диссертационной работы используются в ООО «СУЭК-Хакасия», АО «Разрез Тугнуйский», ПАО «Ураласбест» и на других горных предприятиях при разработке и реализации решений по развитию системы

эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, что подтверждается актами внедрения результатов исследования.

5. Методологические основы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования могут быть использованы:

– заводами-производителями горного оборудования для повышения надежности и ремонтопригодности горного оборудования в условиях реализации политики импортозамещения;

– аутсорсинговыми и внутрифирменными сервисными предприятиями, оказывающими услуги по ремонтному обслуживанию горного оборудования, для улучшения качества планирования процессов восстановления работоспособности оборудования, выбора стратегии проведения и целесообразных методов ремонта;

– предприятиями добывающего сектора промышленности для обоснования целесообразной структуры комплексов технологического горного оборудования и качества условий его работы;

– образовательными учреждениями горного профиля при разработке программ учебных дисциплин специальности «Горное дело».

Методология и методы исследования

В работе использован комплексный метод исследований, включающий: обобщение опыта развития горнодобывающих предприятий, системный и факторный анализ, структурно-функциональный анализ производственной системы, синтез, декомпозицию систем, экономико-математическое моделирование, производственный эксперимент. Методологическую основу исследования составляют аналитические расчеты, статистическая обработка результатов, организация познавательной и практически-преобразующей деятельности.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. В условиях непрерывного возрастания требований к эффективности производства развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, предназначенной для обеспечения эффективной и

надежной его работы в процессах добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого, необходимо осуществлять с применением комплементарного подхода.

2. В качестве критерия развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования с позиции комплементарного подхода необходимо применять показатель комплементарности ее подсистем, отражающий их взаимосоответствие и взаимодополнение.

3. Закономерный рост уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования достигается в результате повышения качества выполнения функции той подсистемой, где оно недостаточно, и организацией взаимодополняющей деятельности подсистем.

4. Управление качеством условий работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования позволяет планомерно снижать риск сбоев производственного цикла предприятия.

5. Реализация в практической деятельности горнодобывающих предприятий методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, включающих комплементарный подход к ее развитию, методический инструментарий и алгоритм развития системы, позволяет с учетом выявленных закономерностей повышать уровень реализации предназначения этой системы в соответствии с возрастающими требованиями к эффективности производства.

Степень достоверности подтверждается:

– корректным применением методов и методического инструментария, соответствующих целям и задачам исследования;

– использованием представительного объема статистических данных и фактических материалов о результатах функционирования и развития систем эксплуатации комплексов технологического горного оборудования горнодобывающих предприятий и их корректной обработкой;

– согласованностью полученных результатов с известными теориями организации горного производства, надежности технических систем, старения и восстановления машин, а также с энергетической теорией открытых горных работ;

– практической реализацией результатов диссертационной работы, показавшей значительную экономическую эффективность и сходимость теоретических выводов с фактическими результатами.

Апробация результатов работы

Результаты исследований и основные научные положения работы докладывались на научных симпозиумах и международных конференциях: «Неделя горняка» (Москва, 2007, 2009-2010, 2013, 2020, 2022-2023гг.), «Открытые горные работы в XXI веке» (Красноярск, 2015, 2017гг.), «Горнодобывающая промышленность в 21 веке: вызовы и реальность» (Мирный, 2021г.), «Комбинированная геотехнология» (Магнитогорск, 2019, 2021, 2023гг.), VI Международная научно-практическая конференция «Горная и нефтяная электромеханика – 2019: проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горно-шахтного и нефтепромыслового оборудования» (Пермь, 2019г.), Четвертый международный горный симпозиум (Кемерово, 2019г.), X Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений» (Екатеринбург, 2021г.); на научных семинарах в УГГУ (Екатеринбург, 2008-2021гг.), Институте горного дела УрО РАН (Екатеринбург, 2008-2022гг.), XIV и XV Всероссийских научно-практических конференциях «Проблемы карьерного транспорта» (Екатеринбург, 2017, 2019гг.), I, II, III Всероссийских научно-практических конференциях «Золото. Полиметаллы. XXI век» (Челябинск, Пласт, 2019, 2020, 2022гг.); на научных семинарах НИИОГР (Челябинск, 2006-2022гг.), МГТУ им. Г.И. Носова (Магнитогорск, 2005-2022гг.), КузГТУ (Кемерово, 2008-2009, 2019-2022гг.); на научно-технических советах горнодобывающих предприятий и компаний; на

кафедре «Геотехнология освоения недр» горного института НИТУ «МИСиС» (Москва, 2017-2019гг.).

Соответствие паспорту специальности. Тема исследования соответствует п. 12 «Организация производства при открытой и подземной разработке месторождений твердых полезных ископаемых и развитие механизации технологических процессов», п. 15 «Методы и средства повышения эксплуатационных характеристик и надежности горных машин и оборудования, в том числе за счет обоснования рациональных режимов их функционирования на открытых и подземных горных работах», п. 16 «Техническое обслуживание и ремонт горных машин и оборудования с учетом специфики горно-геологических и горнотехнических условий их эксплуатации» области исследований паспорта специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины».

Публикации. Результаты исследования опубликованы автором в 77-и печатных работах, основные из них – 48, в том числе 1 монография, 2 брошюры и 36 статей в 8-и рецензируемых научных изданиях по специальностям 25.00.22 Геотехнология (подземная, открытая и строительная), 05.05.06 Горные машины, 05.02.22 Организация производства, 2.8.8 Геотехнология, горные машины из перечня ВАК при Министерстве науки и высшего образования России на соискание ученой степени кандидата наук и ученой степени доктора наук.

Диссертация выполнена при поддержке представителей профессионального научного сообщества, руководителей и специалистов предприятий. Особая благодарность и признательность автора адресуются член-корреспонденту РАН, доктору технических наук, профессору В.Л. Яковлеву, докторам технических наук, профессорам В.А. Галкину, А.М. Макарову, Л.И. Кантовичу, А.А. Хорешку, С.В. Корнилкову, докторам технических наук И.Л. Кравчуку, А.С. Довженку, Л.И. Андреевой, В.А. Азеву, доктору экономических наук, профессору Т.А. Коркиной за конструктивные рекомендации по повышению качества проведенного исследования.

Автор выражает глубокую благодарность за профессиональные и специальные консультации на различных этапах исследования: докторам наук – В.А. Пикалову, А.В. Соколовскому, Л.В. Лабунскому, Н.В. Галкиной, А.С. Костареву, Г.Д. Буяличу, А.В. Каплану, А.Вал. Галкину, А.Н. Рахмангулову, профессорам В.И. Саитову, Г.А. Боярских, Ю.Д. Красникову, А.П. Комиссарову, Г.Д. Трифанову, С.Е. Гавришеву, В.В. Мельнику, В.В. Агафонову, А.Д. Кольге, М.В. Рыльниковой, Л.Е. Маметьеву, А.Ю. Захарову, Г.Д. Першину, Ю.И. Лелю, С.Н. Корнилову, И.А. Пыталеву; кандидатам наук – В.В. Олизаренко, А.Б. Килину, Г.Н. Шаповаленко, А.В. Ошарову, Д.В. Попову, О.А. Лапаевой, В.Н. Лапаеву, Б.М. Габбасову, С.В. Рослякову, В.Б. Алексеенко, В.Ю. Заляднову, К.В. Бурмистрову, С.И. Захарову, К.А. Ананьеву, Ю.В. Дрозденко, А.В. Глебову, Е.М. Неволиной, М.Н. Полещук, Р.Х. Шарипову, А.В. Дьяконову, В.С. Байкину, И.Г. Леванову, Н.В. Яблонских, О.С. Шивырялкиной, А.В. Смолину, Т.И. Красниковой; руководителям и специалистам – Н.В. Рябкову, В.А. Беклемешеву, С.Ф. Зубареву, Е.Е. Соболевой, А.А. Гартману, О.В. Конаковой, С.П. Маслюкову.

Личный вклад автора состоит в постановке научной проблемы, заключающейся в выявлении отсутствия методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, базирующихся на использовании комплементарного подхода к совершенствованию взаимодействия ее подсистем, для адаптации горнодобывающего предприятия к меняющимся требованиям среды, и в ее решении, а также в обобщении опыта преобразования подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования горнодобывающих предприятий и формировании на этой основе методического инструментария для применения в их практической деятельности методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия.

Глава 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Тенденции функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия

Горнодобывающая промышленность является одной из ведущих отраслей глобальной экономики, включающей в себя более 6 тыс. компаний по всему миру. Горнодобывающее предприятие – как горнотехническая система – обеспечивает добычу полезного ископаемого на основе формирования и осуществления производственного цикла посредством функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Под производственным циклом понимается законченный цикл работ, выполняемый комплексом технологического горного оборудования начиная от подготовки горной массы к выемке и заканчивая процессами складирования готовой продукции для последующей отгрузки потребителю [1]. Комплекс технологического горного оборудования – это функционально взаимосвязанные виды горного оборудования, предназначенные для осуществления производственного цикла горнодобывающего предприятия [1]. Система эксплуатации комплекса технологического горного оборудования осуществляет свое предназначение посредством функционирования подсистемы организации работы оборудования и подсистемы его ремонтного обслуживания [1].

Для выявления тенденций функционирования систем эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающих предприятий был осуществлен анализ технического развития оборудования и процесса его ремонтного обслуживания при различных технологических укладах в промышленности мира, который показал значительное отставание темпов развития системы ремонтного обслуживания от технического развития оборудования, достигающее при разных технологических укладах от 8 до 100 лет (рисунок 1.1.1).

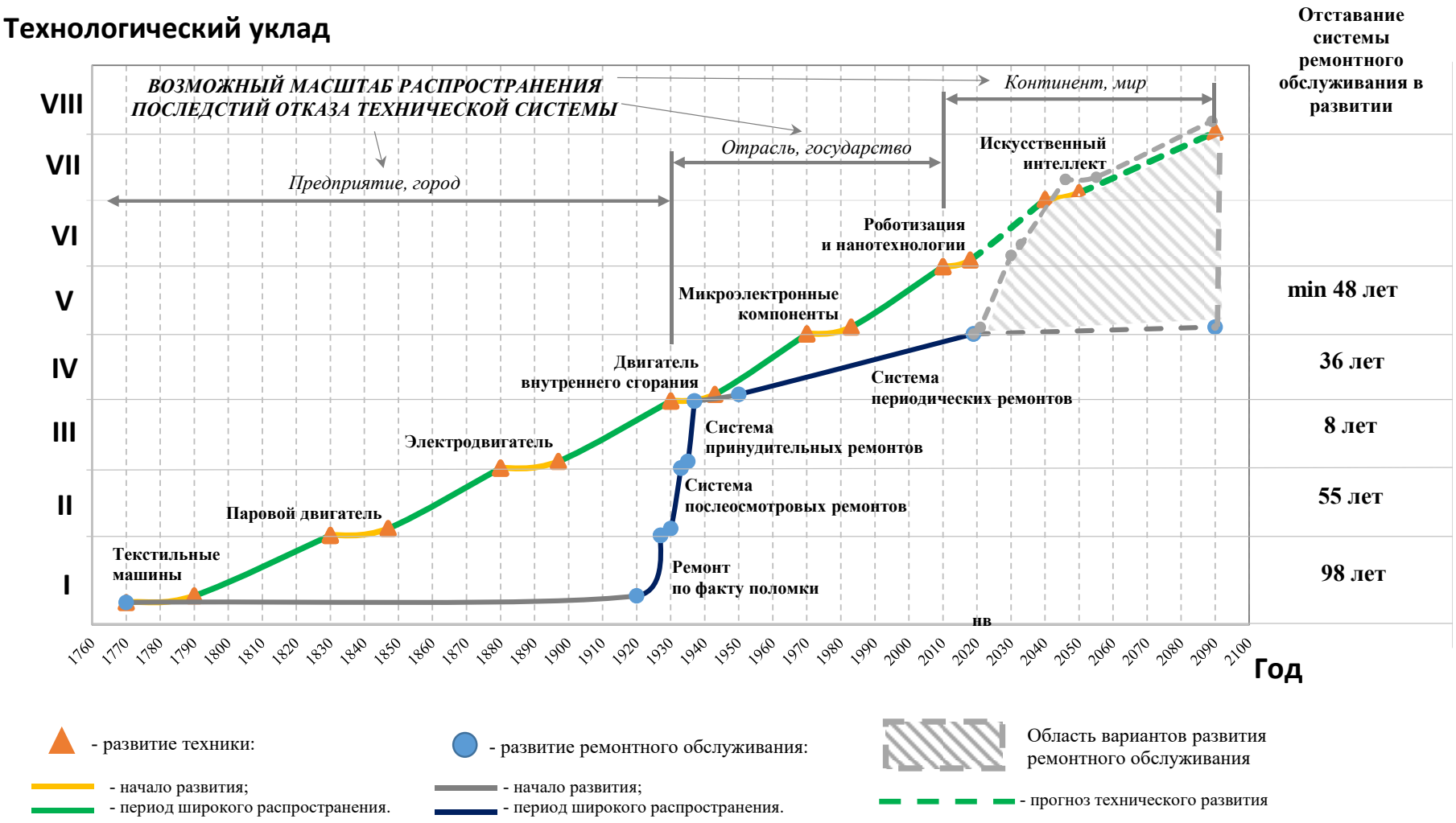


Рисунок 1.1.1 – Развитие техники и системы ее ремонтного обслуживания при различных технологических укладах в промышленности мира
(сформировано на базе материалов VI Международного форума технологического развития ТЕХНОПРОМ, статей «Из истории советской системы планово-предупредительных ремонтов» [90, 91])

Такой дисбаланс в техническом развитии оборудования и развитии системы его ремонтного обслуживания обусловливает повышенные риски реализации различного масштаба аварий и инцидентов. Техническое развитие в период до 1930 г. (I-III технологические уклады) характеризовалось возможным распространением последствий отказа технической системы в масштабе предприятия или города. В период с1930 г. по настоящее время (IV-V технологические уклады) масштаб возможных последствий увеличился до границ отрасли и государства. В современном, VI технологическом укладе, высокими темпами развивается техническая составляющая производственного процесса, основанная на роботизации и нанотехнологиях, а в системе ремонтного обслуживания соответствующих изменений не происходит, при этом риск негативных последствий отказа технической системы существенно увеличивается.

В масштабах горнодобывающих предприятий России выявленное разбалансированное техническое развитие комплекса технологического горного оборудования проявилось в том, что осуществляемое последние два десятилетия непрерывное масштабное техническое переоснащение комплексов технологического горного оборудования и формирование специализированных сервисных предприятий его ремонтного обслуживания, характеризуется двумя тенденциями: с 2000 до 2015-2017 гг. существенным ростом производительности комплексов технологического оборудования и производительности труда; с 2015-2017 гг. по 2022г. отсутствием значительного роста этих показателей. В частности, в угольной промышленности, представляющей наиболее динамично развивающуюся отрасль страны, в период 2000-2017гг. производительность комплексов технологического горного оборудования поступательно увеличилась в 1,7 раза, производительность труда – в 3,8 раза, а в период 2017-2022гг. эти показатели практически не повышались (рисунок 1.1.2). Это связанно с тем, что в попытках обеспечить полноценный уровень использования технического потенциала нового оборудования реализуются локальные

улучшения, направленные на развитие отдельных процессов в системе. Такие изменения не приводят к существенному повышению эффективности производства, поскольку принципиально не меняется структура системы эксплуатации оборудования, что обусловливает сохранение прежних ее характеристик. В результате имеющиеся резервы увеличения в 1,5-2,0 раза производительности оборудования и труда персонала в условиях продолжающегося роста требований к эффективности горного производства не осваиваются, что снижает конкурентоспособность горнодобывающих предприятий России.

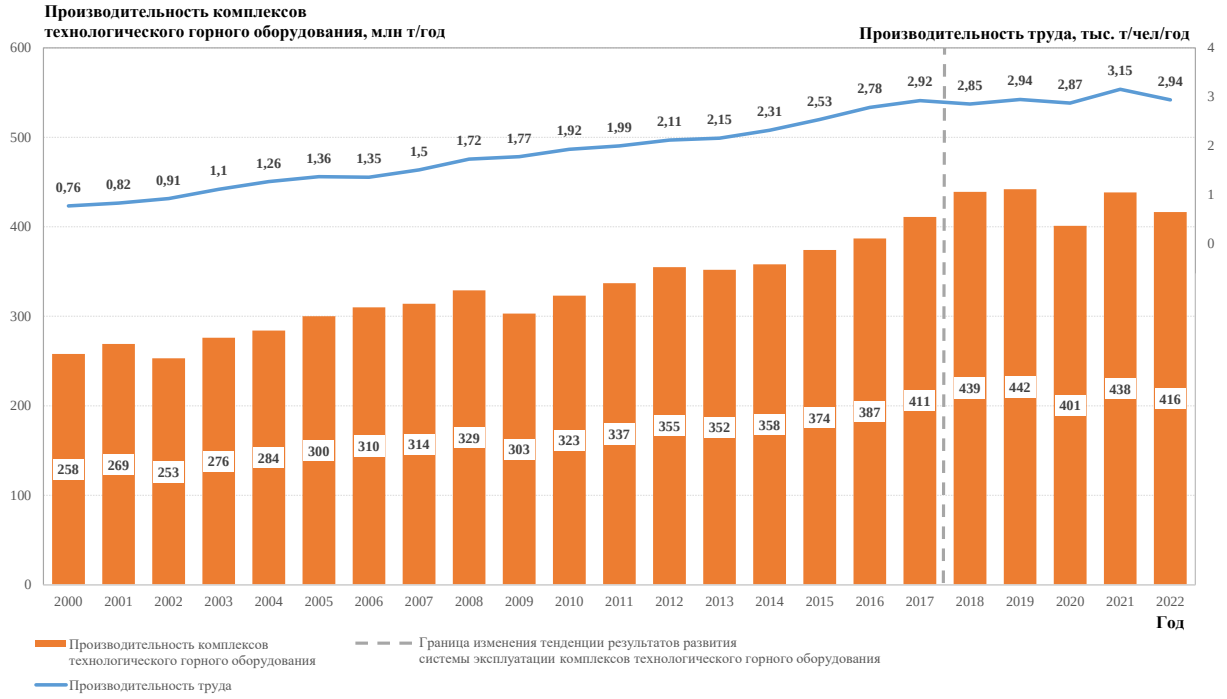


Рисунок 1.1.2 – Изменение производительности комплексов технологического горного оборудования и производительности труда в угольной промышленности России

Рост производительности оборудования и персонала обусловлен эффективностью использования рабочего времени оборудования в подсистемах организации работы и его ремонтного обслуживания. За последние 40 лет эффективность использования рабочего времени оборудования претерпела значительные изменения. На рисунке 1.1.3 на примере экскаваторов представлено изменение доли времени, затрачиваемого на выполнение своей функции и выполнение ремонтного обслуживания этого оборудования. В

календарном фонде времени доля производительного времени экскаватора при нахождении в подсистеме организации его работы увеличилась в среднем с 16% до 58% и производительное время восстановления его работоспособности при нахождении в подсистеме ремонтного обслуживания увеличилась с 11% до 40% [2, 3]. Несмотря на достигнутый за 40 лет результат в подсистемах системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования остаются значительные резервы для увеличения эффективности его работы.

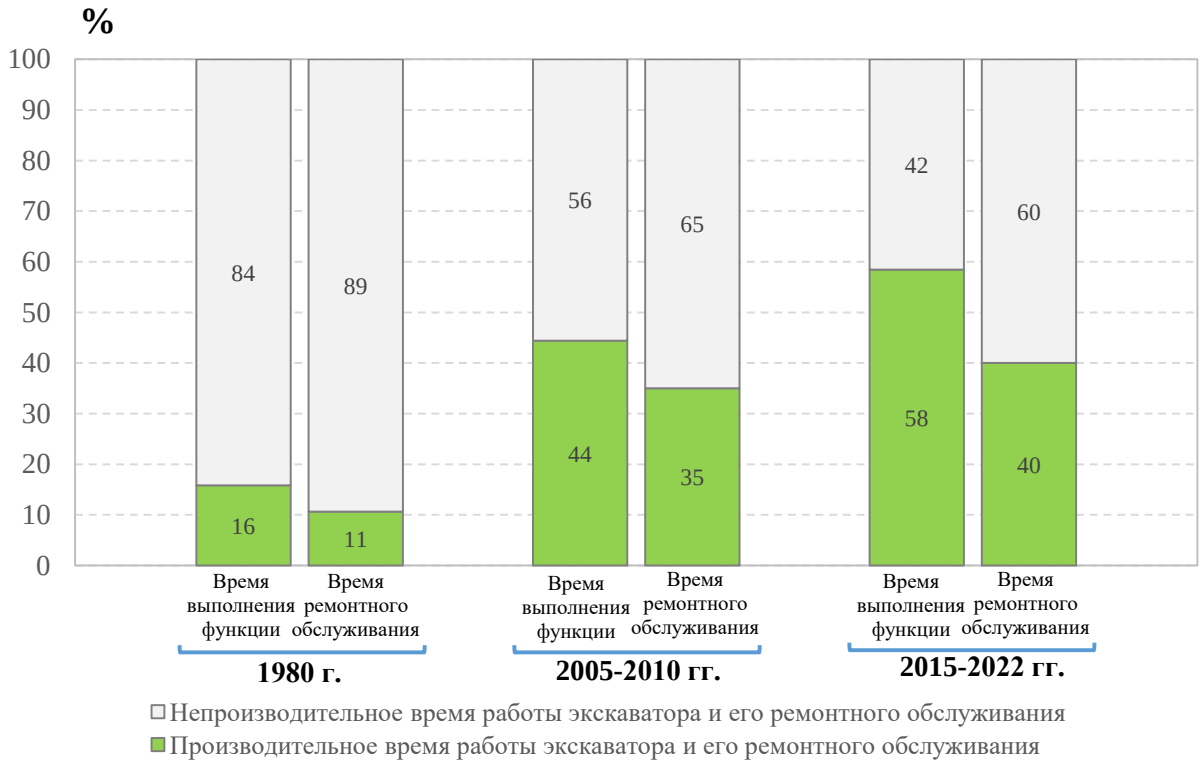


Рисунок 1.1.3 – Эффективность использования рабочего времени экскаваторов при нахождении в подсистеме организации работы и в подсистеме ремонтного обслуживания на отечественных горнодобывающих предприятиях

Ограничения в освоении созданных техническим переоснащением резервов повышения производительности оборудования и труда персонала на горнодобывающих предприятиях увеличивают риск наступления банкротства многих предприятий. Это обусловлено тем, что повышение производительности оборудования и труда персонала необходимо для сокращения срока окупаемости приобретаемого горного оборудования,

поскольку за период 1980-2022 гг. произошли следующие изменения (рисунок 1.1.4) [4, 5]:

– в среднем на 40% уменьшился технический ресурс (срок службы) горного оборудования, закладываемый заводами-изготовителями;

– в 7,8 раза увеличилась приведенная стоимость оборудования, определяемая как соотношение затрат на приобретение оборудования и среднемесячного фонда оплаты труда работника.

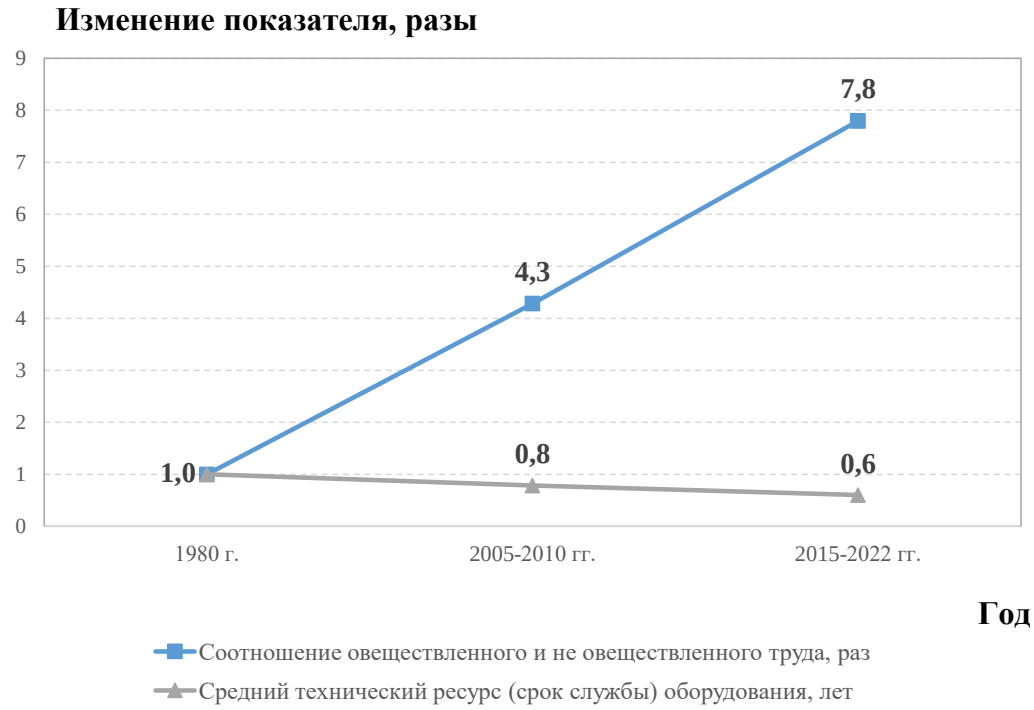


Рисунок 1.1.4 – Технико-экономические показатели комплексов технологического горного оборудования на отечественных горнодобывающих предприятиях

Современная тенденция развития промышленности в VI технологическом укладе, в отличие от предыдущих, характеризуется экспоненциальным характером, что обусловлено ускорением технического прогресса. Это, в свою очередь, изменило рыночные условия функционирования горнодобывающих предприятий – условием выживания становится соответствующая динамика и результативность процесса совершенствования производства, которые предопределяют тенденцию в эволюции предприятия: развитие, адаптация, деградация, воспроизводство (рисунок 1.1.5) [3, 6].

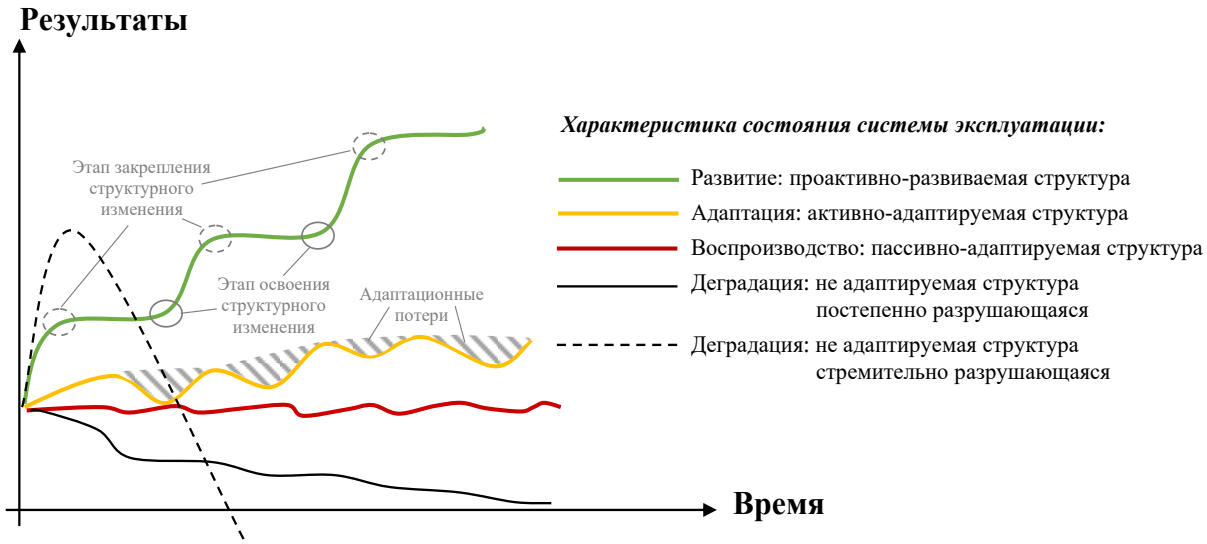


Рисунок 1.1.5 – Варианты развития горнодобывающего предприятия [6]

Процесс развития заключается в определении (поиске), формировании, обосновании, реализации и освоении инновационных решений всех видов (управленческих, организационных, технико-технологических) и всех масштабов – начиная с микро-решений (освоение отдельной операции, приспособления, действия) и заканчивая макро-решениями (масштабная реорганизация предприятия, техническое перевооружение комплекса технологического горного оборудования, освоение новых технологий и процессов, переход на более высокую культуру производства). В результате развития компания, предприятие, подразделение или работник способны заблаговременно обеспечить себе лидерские позиции, а также конкурентное преимущество в своём виде деятельности.

Процесс адаптации, в свою очередь, характеризуется вынужденным и незаблаговременным приспособлением компании, предприятия, подразделения или работника к новым требованиям и условиям среды, сопровождаемым, вследствие запоздалой и неподготовленной реакции, неизбежными адаптационными потерями. Адаптационные потери с течением времени имеют тенденцию к накоплению и при ежедневной работе могут достигать нескольких процентов, а при существенных изменениях социально-экономической среды или горно-геологических условий – на порядок больше.

Процесс воспроизводства даже в условиях достигнутого высокого уровня эффективности из-за постоянно меняющихся условий внутренней и внешней среды является процессом постепенной и неявной деградации, и характеризуется нарастающим отставанием в развитии компании, предприятия, подразделения или работника от своих конкурентов.

Процесс деградации характеризуется постепенным либо стремительным ухудшением качества жизнедеятельности компании, предприятия, подразделения или работника, обусловленным низкой эффективностью управления структурой капитала и других активов.

Таким образом определено, что в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающих предприятий России не используется 45-65% технического потенциала оборудования, что приводит к несоответствию процесса функционирования этой системы возрастающим требованиям к эффективности производства. На основе выявленных тенденций возрастания требований к эффективности производства и отсутствия возможного роста производительности оборудования и персонала, а также несбалансированного развития подсистем организации работы горного оборудования и его ремонтного обслуживания на горнодобывающих предприятиях России, сделан вывод, что требуется развитие системы эксплуатации комплексов технологического горного оборудования. Это развитие, как направленное закономерное преобразование ее структуры, сформирует ее новое качественное состояние, позволяющее обеспечивать соответствие процесса функционирования системы эксплуатации возрастающим требованиям к эффективности производства. Для обеспечения такого развития системы эксплуатации требуется соответствующий методологический подход, что обусловливает необходимость оценки достаточности существующей научно-методической базы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования для его разработки и освоения в деятельности горнодобывающих предприятий.

1.2. Научно-методическая база развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия

Для определения актуальных направлений повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования посредством улучшения характеристик производственного цикла горнодобывающего предприятия произведен анализ существующей научно-методической базы ее развития. Под системой эксплуатации в действующем ГОСТ 25866-83 понимается «совокупность изделий, средств эксплуатации, исполнителей и устанавливающей правила их взаимодействия документации, необходимых и достаточных для выполнения задач эксплуатации» [7]. В настоящее время решение задач повышения эффективности подсистем этой системы происходит по нескольким ключевым направлениям, общей целью которых является обеспечение устойчивого развития горнотехнических систем. Под горнотехнической системой понимается совокупность горных конструкций и технологических подсистем (в т.ч. комплексов технологического горного оборудования) во взаимодействии с вмещающими их участками недр [8].

Разработка теории проектирования горного производства, определение параметров и режимов горных работ, транспортных систем карьеров, а также комплексной механизации технологических процессов горных работ являются основополагающими направлениями обеспечения устойчивого развития горнотехнических систем. Научно-методические основы устойчивого функционирования горнотехнических систем, а также их развития наиболее полно раскрываются в трудах отечественных ученых: академиков Агошкова М.И., Мельникова Н.В., Ржевского В.В., Трубецкого К.Н.; чл.-корр. РАН Каплунова Д.Р., Яковлева В.Л.; профессоров и докторов наук Арсентьева А.И., Гавришева С.Е., Галкина В.А., Зотеева В.Г., Зотеева О.В., Зуркова П.Э., Истомина В.В., Калмыкова В.Н., Коваленко В.С., Корнилкова С.В., Косолапова А.И., Мельника В.В., Рыльниковой М.В., Саканцева Г.Г., Сафронова В.П., Секисова А.Г., Соколовского А.В., Томакова П.И., Фомина

С.И., Холоднякова Г.А., Хохрякова В.С. и др. [8-51]. Результаты исследований этих ученых позволили предложить подход к выбору требований к параметрам системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования для обеспечения рационального освоения месторождений полезных ископаемых и достижения стабильных показателей качества продукции горнодобывающих предприятий.

Методические основы и практические разработки по освоению требуемых параметров системы эксплуатации различных видов горного оборудования на отдельных этапах производственного цикла горнодобывающих предприятий содержатся в научных трудах профессоров и докторов наук Агафонова В.В., Азева В.А., Андреевой Л.И., Анистратова Ю.И., Анистратова К.Ю., Артемьева В.Б., Афанасьева А.И., Боярских Г.А., Буялича Г.Д., Васильева М.В., Виницкого К.Е., Галиева С.Ж., Герике Б.Л., Глебова А.В., Гончаренко С.Н., Довженка А.С., Домбровского Н.Г., Жабина А.Б., Захарова А.Ю., Зырянова И.В., Иванова С.Л., Кантовича Л.И., Касьянова П.А., Квагинидзе В.С., Килина А.Б., Клишина В.И., Кубачека В.Р., Кулешова А.А., Леля Ю.И., Логуновой Ю.А., Макарова А.М., Маметьева Л.Е., Махно Д.Е., Морина А.С., Морозова В.И., Подэрни Р.Ю., Потапова М.Г., Рахутина Г.С., Саитова В.И., Сатовского Б.И., Солода Г.И., Трифанова Г.Д., Хорешка А.А. и др. [52-128]. Результаты научно-практической деятельности перечисленных ученых и специалистов позволяют выработать методологический инструментарий для повышения эффективности организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования на каждом технологическом этапе производственного цикла горнодобывающего предприятия.

В частности, вопросам оценки эффективности функционирования экскаваторно-автомобильных комплексов на горнодобывающих предприятиях посвящены исследования Галиева С.Ж. В своих работах он отмечает, что эффективность функционирования экскаваторно-автомобильных комплексов определяется совокупностью ряда

взаимосвязанных организационных, горнотехнических и горно-геометрических факторов, которые можно разбить на две группы: режимы и условия эксплуатации [70, 71]. Чаще всего в целях оптимизации возникает необходимость исследования режимов эксплуатации машин при заданных условиях. По мнению Галиева С.Ж. в рамках решения задачи оценки резервов повышения эффективности эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов необходимо моделировать и рассматривать два наиболее целесообразных фактора при прочих равных условиях с планомерным и поочередным изменением в последующем других факторов. В качестве критерия эффективности функционирования данного комплекса оборудования важно принимать наиболее общие показатели, являющиеся результатом интеграции всех факторов, учитываемых в процессе исследования.

Анистратов К.Ю. в своих научных работах отмечает, что в настоящее время на отечественных горнодобывающих предприятиях система управления экономикой технологического транспорта выстроена недостаточно эффективно. Это выражается в том, что на горнодобывающих предприятиях, как правило, экономика автотранспортного цеха (АТЦ) не выделяется в отдельный блок, что обусловливает определенные затруднения при оценке экономической результативности работы отдельных единиц карьерной техники и технологического транспорта. В качестве примера, Анистратов К.Ю. отмечает, что в отдельный блок не выделяют фонд оплаты труда работников, занимающихся ремонтным обслуживанием оборудования, а также не производится индивидуализированный анализ по заказам и списанию материально-технических ресурсов и запасных частей. В результате эффективность работы АТЦ определяется по основным производственным показателям, таким как: грузооборот, среднесписочная выработка и т.д. По мнению Анистратова К.Ю., специфика условий рыночной экономики обусловливает необходимость оценки эффективности работы транспортного предприятия на основе экономики отдельных единиц карьерного транспорта

и технологического оборудования, по критериям их доходности в течение всего срока службы. Для решения данной задачи им было проведено соответствующее исследование, в результате которого была сформирована экономико-математическая модель, позволяющая при применении компьютерных вычислительных мощностей определять рациональную структуру парка карьерного и технологического транспорта. Данную экономико-математическую модель возможно адаптировать для оценки и прогнозирования результатов работы всего комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия [72].

Довженок А.С. в своем исследовании рассматривал вопросы повышения эффективности эксплуатации карьерных автосамосвалов с позиций логистического подхода. В качестве объекта исследования в работе Довженка А.С. с позиции логистической системы в единой логистической цепи горного производства рассматривалась автотранспортная система (АТС) горнодобывающего предприятия. Данный подход позволил установить, что на эффективность функционирования АТС влияют следующие основные факторы: ремонтный рабочий, ремонтная зона, водитель, карьерный автотранспорт и технологическая автодорога. Исследования влияния данных факторов на результативность деятельности АТС позволили Довженку А.С. выявить, что при выработке технического ресурса парка автосамосвалов, определяемого их пробегом на 90% от нормативного, обновление парка на 50% позволяет получить около 1500 дополнительных эталонных машино-часов работы; дополнительные 1100-1200 эталонных машино-часов работы каждой единицы парка автосамосвалов возможно получить либо посредством повышения уровня механизации ремонтной зоны с 15-20% до 30-35%, либо посредством повышения реальной квалификации персонала. Определение основного направления преобразования элементов АТС осуществляется по принципу равнозначности подсистем системы эксплуатации оборудования с использованием расчетов и сравнения удельной стоимости эталонного машино-часа каждого вида автотранспорта, задействованного на предприятии.

Научные результаты Довженка А.С. целесообразно использовать для выработки принципов равнозначности подсистемы организации работы и подсистемы ремонтного обслуживания всего комплекса технологического горного оборудования [73-75].

Аналогичные результаты в части оценки сложившегося уровня использования автосамосвалов и экскаваторов на горнодобывающих предприятиях в своем исследовании получил Черских О.И. Он определил, что из 8760 часов годового календарного фонда времени работы среднесписочного экскаватора, как правило, только 1300-1700 ч составляют функциональное время его эксплуатации. Функциональное время ремонтного обслуживания среднесписочного экскаватора на отечественном горнодобывающем предприятии составляет 500-800 ч от годового календарного фонда времени. При этом потери из-за непроизводительного использования экскаватора могут составлять 25-45% в основных подсистемах системы эксплуатации этих машин: в подсистеме организации работы потери могут составлять 2200-2900 ч, а в подсистеме ремонтного обслуживания – 2900-3900 ч. Оценка эффективности использования, произведенная в исследовании Черских О.И. по карьерным автосамосвалам, показала, что функциональное время их работы составляет 1000-2000 ч от годового календарного фонда времени при соизмеримой продолжительности их непроизводительной работы. В процессе ремонтного обслуживания функциональное время составляет 700-1500 ч, а время непроизводительной работы – 3000-4000 ч. Также в исследовании было определено насколько неэффективно используются трудовые ресурсы: из 1900-2000 ч годового фонда рабочего времени при эксплуатации оборудования не более 50% являются эффективными, а при ремонте – не более 30% (220-480 ч). В результате проведенного исследования Черских О.И. был сформирован методический инструментарий, позволяющий обосновывать технико-технологические решения, обеспечивающие рациональные режимы ведения горных работ на угледобывающих предприятиях, осуществляющих открытую

разработку пологопадающих пластов. Основными этапами реализации данного методического инструментария являются: определение цели и стратегии ведения горных работ с учетом интересов собственников и инвесторов бизнеса; определение соответствующей цели и стратегии режима ведения горных работ; анализ и оценка сформированных параметров горнотехнической системы; определение целевых параметров; обоснование и разработка необходимых решений и мероприятий по достижению требуемых параметров ведения горных работ, а также оценка их экономической эффективности и возможных рисков [76-78]. Результаты исследования Черских О.И. позволяют определить основные этапы реализации технико-технологических решений для обеспечения соответствия рабочей среды и режимов эксплуатации комплекса технологического горного оборудования целям горнодобывающего предприятия.

В вопросе оценки эффективности эксплуатации бульдозеров и грейдеров внимания заслуживает диссертационная работа Иванова В.Н., посвященная исследованию влияния наработки этих машин на регламентированность проведения технических обслуживаний и ремонтов (ТОиР), а также на эксплуатационную производительность оборудования. Автор разработал экономико-математическую модель, позволяющую на основе расчетов определять эффективную структуру парка вспомогательных машин. Разработанная экономико-математическая модель учитывает установленные заводами-изготовителями требования к проведению профилактических мероприятий и их влияние на производственную эксплуатацию машин. Также, в своей исследовательской работе Ивановым В.Н. были выявлены закономерности изменения продолжительности выполнения ТОиР оборудования и его эксплуатационной производительности в зависимости от достигнутого уровня наработки. В частности, установлены закономерности изменения продолжительности выполнения ТОиР и эксплуатационной производительности бульдозерной техники типа ДЗ-110В при выполнении технологических операций по планировке и разравниванию

грунта от достигнутого уровня наработки этих машин; для автосамосвалов ЗИЛ-4505, МАЗ-5511, а также вспомогательной техники для содержания дорог МДК-133 Г4 и МДК-4331 выявлены закономерности изменения их среднегодовой продолжительности выполнения внеплановых ремонтов. В результате выполненной Ивановым В.Н. работы были уточнены критерии, определяющие рациональную продолжительность выполнения технических обслуживаний и ремонтов вспомогательного оборудования, а также усовершенствована методика выбора этих критериев. Результаты работы Иванова В.Н. возможно адаптировать для обоснования критерия эффективности использования технического ресурса комплекса технологического горного оборудования [79, 80].

В работах Андреевой Л.И. приводятся результаты исследования закономерностей влияния продуктивного времени использования и динамики старения горно-транспортного оборудования на затраты, приходящиеся на обеспечение одного машино-часа его работы. Адаптация результатов исследования Андреевой Л.И. позволяет выработать принципы развития подсистемы ремонтного обслуживания оборудования, обеспечивающие более высокую эффективность его эксплуатации [81, 82].

Вопросы экономической оценки эффективности ремонтной службы предприятия на примере экскаваторов раскрываются в работах Г.А. Боярских и Л.Г. Куклина. В своих исследованиях авторы утверждают, что развитие методов выявления оптимального срока эксплуатации оборудования, обеспечивающего максимальную прибыль предприятия, необходимо основывать на расчете суммы ремонтных циклов оборудования, при котором достигается повышение себестоимости его работы. Установить при какой продолжительности жизненного цикла оборудования себестоимость его работы становится максимальной возможно посредством последовательного расчета величины прибыли предприятия при увеличении количества ремонтных циклов оборудования от 1 до n. Г.А. Боярских и Л.Г. Куклин в своих работах определили, что эксплуатация машины становится прибыльной

(доходы за срок службы существенно превышают расходы) при условии увеличения его амортизационного срока службы до двух ремонтных циклов, а наибольшая прибыль от эксплуатации машины достигается при амортизационном сроке службы равным четырем ремонтным циклам. При дальнейшем увеличении количества ремонтных циклов в амортизационном сроке службы машины ее эксплуатация становится нерентабельной. Авторами отмечается, что в процессе старения машины происходит изменение выполняемых ею функций, что в свою очередь влияет на величину капитальных вложений, необходимых для ее эксплуатации и ремонта, и, следовательно, себестоимость работы. Периодическая оценка этих показателей позволяет уточнять критерии установления оптимального срока службы машин, при котором гарантируется безубыточность их эксплуатации, в условиях, когда цены на единицу продукции, производимой конкретной машиной, на предприятиях не устанавливается. Таким образом Г.А. Боярских и Л.Г. Куклиным рекомендуется для обеспечения необходимых условий эффективной деятельности подсистемы ремонтного обслуживания горно-транспортного оборудования реализовывать принципы экономической целесообразности, технологичности процессов ТОиР, взаимной ответственности персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования, а также экономической выгоды потребителя и производителя технической услуги. Каждый из рекомендуемых авторами принципов следует реализовывать с применением существующих методов организации информационного обеспечения и формирования требуемых компетенций персонала на предприятиях технического сервиса, на основе стандартизации технологических процессов, условий их выполнения и налаживания управленческого учета [83-85].

Исследования надежности оборудования раскрыты в трудах Голубева В.А. и Тропа А.Е. Авторы отмечают: решение задачи повышения надежностных характеристик оборудования сопровождается увеличением финансовых затрат на его производство. В первую очередь увеличение затрат

обусловлено тем, что заводы-изготовители приобретают новые технологические приспособления и механизмы, а также осваивают современные технологические процессы и применяют в производстве новые материалы и т.д. В связи с тем, что эксплуатация на горнодобывающих предприятиях оборудования с низкой надежностью и долговечностью приводит к существенным финансовым и материальным потерям, авторы предлагают оценивать эффективность роста затрат на изготовление оборудования с использованием коэффициента относительной отдачи, рассчитываемого как соотношение суммарной экономии при эксплуатации оборудования, обусловливаемой ростом надежности, и дополнительных затрат на его изготовление. Также в трудах Голубева В.А. и Тропа А.Е. отмечается, что производительность оборудования на горнодобывающих предприятиях оказывается ниже «паспортной» из-за недостаточной его надежности, обусловливающей высокое количество внезапных отказов в процессе эксплуатации. В результате на предприятиях для обеспечения требуемых объемов производства осуществляется закупка дополнительных единиц оборудования, что неизбежно обусловливает рост капитальных затрат. Так, например, в результате исследования авторов было установлено, что в горнодобывающей промышленности дополнительное приобретаемое количество скребковых конвейеров может превышать достаточное количество этих машин для выполнения требуемых объемов производства на 12%, скреперных лебедок – на 15%, врубовых машин – на 17%, буровых станков – на 15%, ленточных конвейеров – на 8%, высоковольтного оборудования на 10%, а низковольтного поверхностного и подземного оборудования, соответственно, – на 10% и 15%. Авторы также отмечают, что формируемый уровень надежности оборудования обусловливает повышенный расход металла на его эксплуатацию. Закономерно, что расход металла на эксплуатацию двух единиц оборудования с одинаковой металлоемкостью будет ниже той единицы, у которой уровень надежности выше. При этом низкий уровень надежности оборудования приводит к увеличению потерь

трудовых ресурсов предприятия, т.к. требует привлечения дополнительных рабочих на ремонт оборудования, что обусловливает рост себестоимости производства. Результаты исследования надежности видов оборудования позволяют сформировать экономико-математические модели, описывающие изменение совокупной стоимости владения технологическим горным оборудованием при изменении показателей его надежности [109].

Отдельного внимания заслуживает диссертационная работа Азева В.А., который установил, что в период реконструкции организаций, изменения форм организации труда, перестройки системы управления и других ключевых преобразований возникают переходные процессы. При возникновении переходных процессов в организациях неизбежно формируются диспропорции в управлении производством, которые приводят к существенным дополнительным экономическим издержкам. Для эффективного устранения данных диспропорций Азевым В.А. была сформирована методология (понимаемая как научная разработка для выстраивания определенной деятельности) комплексного планирования горного производства в условиях инновационного развития угледобывающего предприятия. Реализация данной методологии на угледобывающих предприятиях заключается в определении и реализации взаимоувязанных мер, позволяющих достичь согласованности во взаимодействии персонала предприятий, сформировать сбалансированность организации, техники и технологии, в результате чего производственная система способна осуществить переход из фактического состояния в требуемое [129]. В основе методологии, разработанной Азевым В.А., находится модель цикличной трансформации структуры производственной системы, которая совместно с обоснованными критерием и показателями, а также методами планирования горного производства в условиях инновационного развития могут быть адаптированы для выявления переходных процессов при развитии системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия.

Следует выделить работу Лагуновой Ю.А. и Жиганова П.А., посвященную повышению эффективности функционирования карьерных дробильно-перегрузочных установок (КПДУ). В этом исследовании утверждается, что система ТОиР, а также структура ремонтного цикла КПДУ определяют уровень их эксплуатационной надежности. По мнению авторов, данное влияние обусловливает необходимость учитывать условия по достижению требуемой выработки КПДУ и минимизации удельных затрат на его ТОиР при решении задач ремонтной службы по обеспечению требуемого уровня работоспособности оборудования. В исследовании обосновано, что данные условия выполняются при освоении поэтапной системы ТОиР, основывающейся на выявлении фактического технического состояния всех ключевых элементов дробильно-перегрузочных установок и определении рациональной структуры объема работ в их ремонтном цикле. Рациональная структура ремонтного цикла КПДУ определяется периодичностью и количеством всех выполняемых видов обслуживаний и ремонтов. По мнению авторов, рациональной структура ремонтного цикла КПДУ является при условии обеспечения минимальной величины удельных затрат на их ТОиР и максимального коэффициента технической готовности [110]. Полученные результаты исследования представляют ценность для формирования экономико-математических моделей, позволяющих на основе выявленных связей уровня износа основных деталей и узлов оборудования с выполненным им объемом работы, прогнозировать изменение ключевых технико-технологических показателей всего комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия.

Повышению надежностных характеристик буровых станков путем совершенствования системы ТОиР (на примере СП «Эрдэнт») посвящена работа Ч. Батчулууна. В своей работе Ч. Батчулуун сделал вывод, что взаимодействие ремонтной службы со службой организации работы буровых станков должно основываться на определенных принципах: установление хозрасчетных отношений между ними на основе заключения договоров на

оказание технических услуг; определение взаимной выгоды для двух сторон; осуществление равной и взаимной ответственности за качество предоставляемых услуг. При этом оценку эффективности работы ремонтной службы, по мнению автора, следует осуществлять на основе получения полноценной и достоверной информации о результатах деятельности системы внутреннего сервиса (СВС), а также ее внутренних служб. Для этих целей на предприятии необходимо формировать систему мониторинга результатов деятельности СВС. Обеспечение условий по экономической заинтересованности персонала СВС в производстве и реализации услуг по ТОиР буровых станков является ключевым для нормального функционирования СВС. При этом сам механизм деятельности СВС следует базировать на договорных обязательствах, содержащих точное описание способов реализации обязательств между ее внутренними службами. Ч. Батчулууном были обоснованы методические рекомендации, позволяющие в ходе формирования СВС на горнодобывающем предприятии моделировать и создавать структуру, целевой функцией которой является обеспечение требуемого уровня надежности и работоспособности буровых станков [111]. Данные методические рекомендации возможно адаптировать для формирования эффективного взаимодействия между подсистемой организации работы оборудования и подсистемой его ремонтного обслуживания.

Наряду с представленными исследованиями также следует отметить научные работы, затрагивающие тему развития системы эксплуатации видов технологического горного оборудования на горнодобывающих предприятиях с позиции обоснования конструктивных параметров оборудования и рациональных рабочей среды и режимов его эксплуатации, разработки научных основ проектирования структур горнодобывающих предприятий, совершенствования технологических процессов, разработки методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций и т.д. (таблица 1.2.1).

Таблица 1.2.1. Исследования, затрагивающие тему развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия

Основные подсистемы системы эксплуатации	**Ключевые направления исследований по повышению эффективности подсистем системы эксплуатации оборудования**	**Исследователи**
Организация работы оборудования	Обоснование рациональных рабочей среды и режимов эксплуатации оборудования	Долганов А.В., Кёльш Х.Р., Керопян А.М., Кох П.И., Пальчевский А.Ю., Ремезов А.В., Слесарев Б.В., Шарипов Р.Х. [130-136, 299]
	Обоснование параметров эффективной работы оборудования	Алексеев О.Н., Бексыргаев Т., Воронов Ю.Е., Игнатов А.О., Маметьев Л.Е., Поляков А.В., Радкевич Я.М., Тихонов А.В., Шаповаленко Г.Н., Якимов А.А. [137-146]
	Обоснование и выбор конструктивных и схемных решений машин и оборудования	Абдуазизов Н.А., Аксенов В.В., Ананьев К.А., Буткевич М.Н., Буялич Г.Д., Исаков В.С., Павлов В.П., Сабитов А.Э., Сайдаминов И.А. [146-155]
	Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур цехов и участков, занимающихся эксплуатацией оборудования	Алексеенко В.Б., Артемьев В.Б., Байкин В.С., Ганицкий В.И., Гончаренко С.Н., Килин А.Б., Костарев А.С., Кулецкий В.Н., Малышев Ю.Н., Ошаров А.В., Соловьева О.В., Титов С.В. [2, 155-166]
	Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процессов эксплуатации оборудования	Вайно А.Э., Дьяченко Ю.К., Зоркин И.Е., Лапин Д.Г., Ломакина Н.В., Майорова Н.Б., Оганесян А.С., Швец С.М. [167-174]

Продолжение таблицы 1.2.1

Ремонтное обслуживание оборудования	Разработка и совершенствование технологических процессов с целью обеспечения высокого качества проведения ремонтных работ	Борохович А.И., Ким Б.Г., Комиссаров А.П., Синяков А.А., Ушаков Ю.Ю., Шибанов Д.А. [175-180]
	Научное обоснование рациональной организации процессов ремонтного обслуживания оборудования	Галкин В.И., Пашкин Л.Н., Сергеев В.Ю., Сухарьков И.Н., Хазин М.Л. [181-185]
	Разработка научных основ создания средств комплексной механизации ремонтных процессов	Булес П., Дорошев Ю.С., Иванов В.А., Колесников В.Н., Кольга А.Д., Носенко В.В. [186-190, 300]
	Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур цехов и участков, занимающихся ремонтным обслуживанием оборудования	Глебов А.В., Деменкова Е.А., Ишков А.М., Корнилов С.Н., Олизаренко В.В., Романов А.А., Черных В.Г. [191-197]
	Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процессов ремонтного обслуживания оборудования	Захаров С.В., Лапун Д.П., Погребной Д.А., Полумисков М.Л., Рахмангулов А.Н., Сливной О.В., Соин А.М., Шулятьева Л.И. [198-205]

Использование результатов исследований авторов, представленных в таблице 1.2.1, позволяет сформировать комплекс практических рекомендаций для повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия, а также сформировать алгоритм ее развития.

На основании проведенного изучения и анализа основных методологических подходов к повышению эффективности системы эксплуатации различных видов технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия можно отметить:

– исследования в части повышения эффективности системы эксплуатации технологического горного оборудования преимущественно сосредоточены на вопросах, связанных с эффективностью работы и ремонтного обслуживания отдельных его видов. Вопросы повышения эффективности всего комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия недостаточно раскрыты;

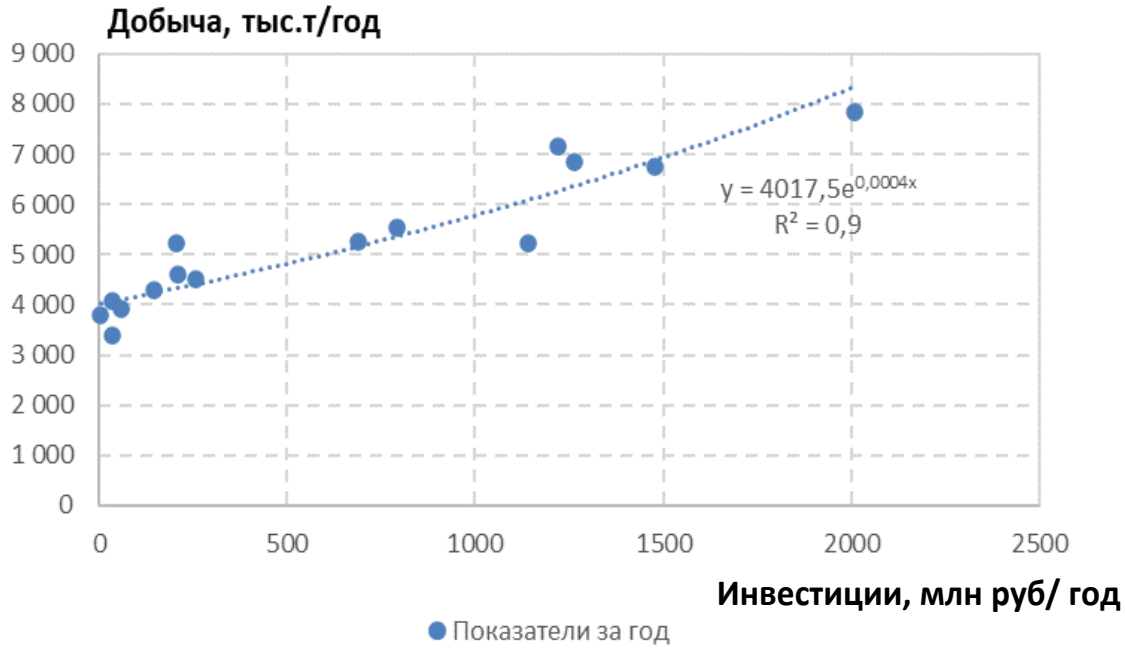
– подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования, как правило, рассматриваются отдельно, а их функции у различных исследователей могут противопоставляться друг другу при решении одних и тех же задач в рамках предприятия.

Таким образом, результаты проведенного анализа научно-практической деятельности перечисленных специалистов позволяют сделать вывод, что в их работах уделено недостаточно внимания исследованиям влияния тенденций функционирования системы эксплуатации всего комплекса технологического горного оборудования на показатели деятельности предприятия. В связи с этим, для разработки методологических основ развития системы эксплуатации всего комплекса технологического горного оборудования, имеющих важное народнохозяйственное значение для повышения конкурентоспособности горнодобывающих предприятий России, требуется проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

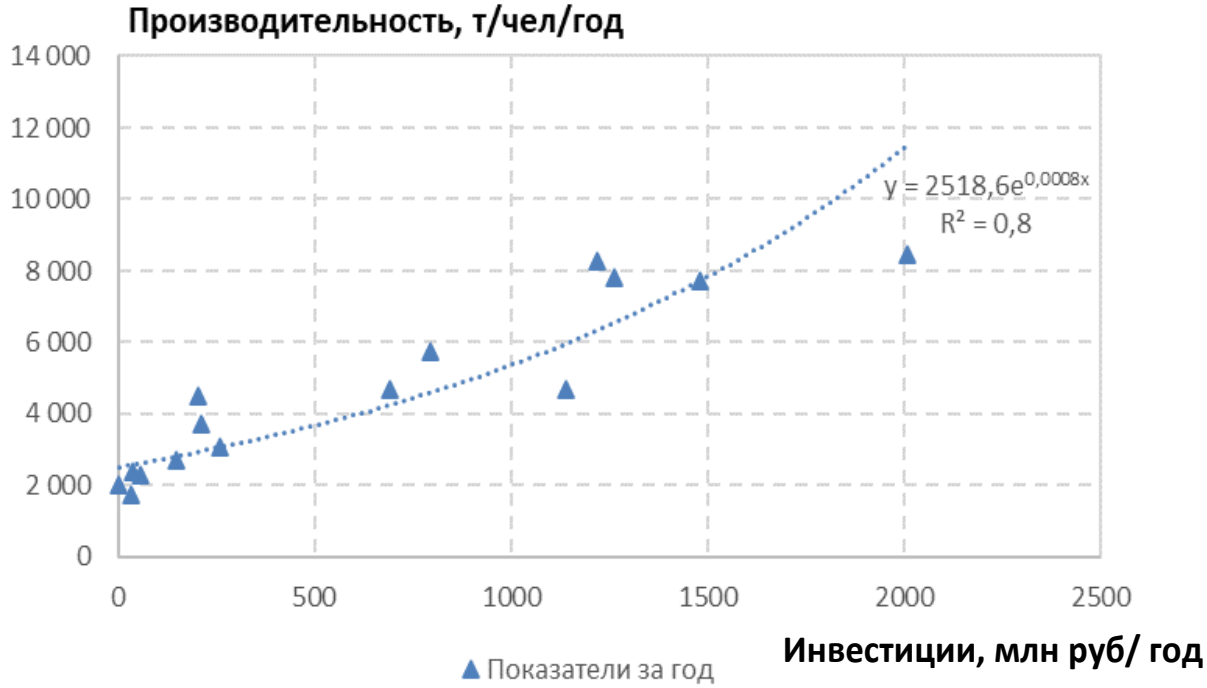
1.3. Постановка проблемы исследования

Установленные тенденции роста стоимости горного оборудования и сокращения его технического ресурса, сопровождаемые ростом стоимости запасных частей и других материально-технических ресурсов для его эксплуатации, обусловливают для горнодобывающих предприятий необходимость поиска решений повышения рентабельности оборудования и сокращения сроков его окупаемости. Оценка результатов осуществляемых инвестиций в развитие и обновление комплекса технологического горного оборудования ряда предприятий показала, что вложения финансовых средств не всегда обеспечивают ожидаемый результат повышения эффективности системы эксплуатации оборудования. В качестве примера приведены результаты инвестирования в развитие и обновление оборудования технологического парка двух угледобывающих предприятий. На рисунке 1.3.1 (а, б, в) представлен результат успешных инвестиций в развитие и обновление оборудования технологического парка разреза «Черногорский». На разрезе за 16 лет в период с 2002г. по 2017г. вложение средств обеспечивало рост объема добычи угля, производительности персонала и значений показателя EBITDA (прибыль до вычета расходов по выплате процентов, налогов и начисленной амортизации).

а) объем добычи угля



б) производительность труда персонала



в) показатель EBITDA

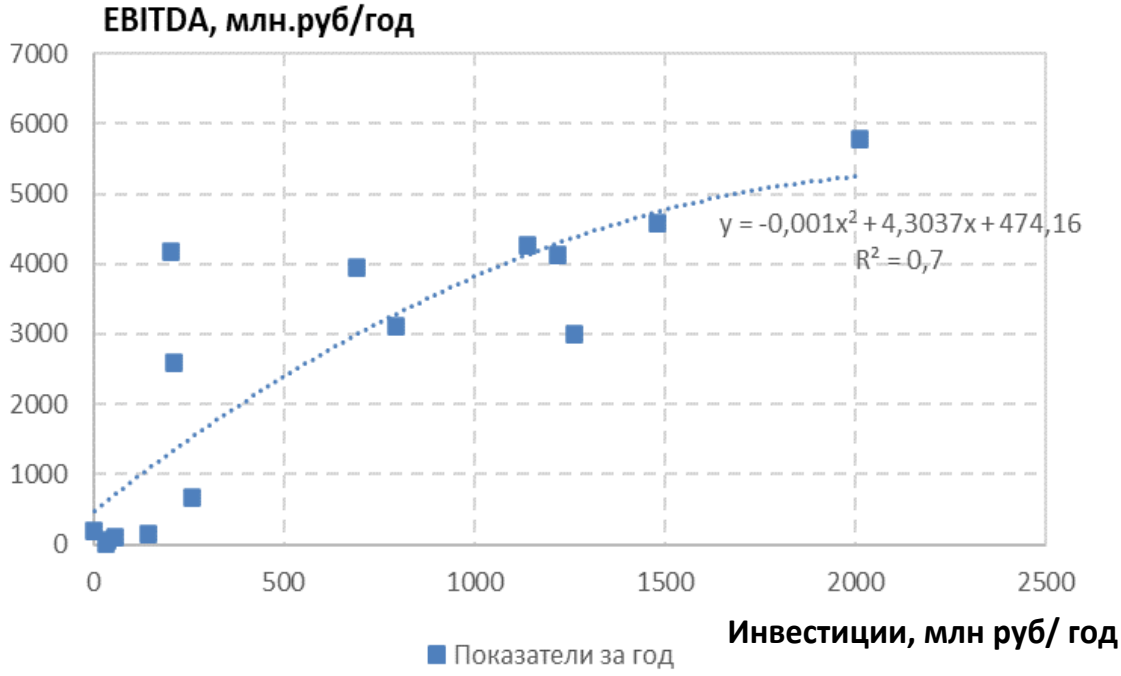
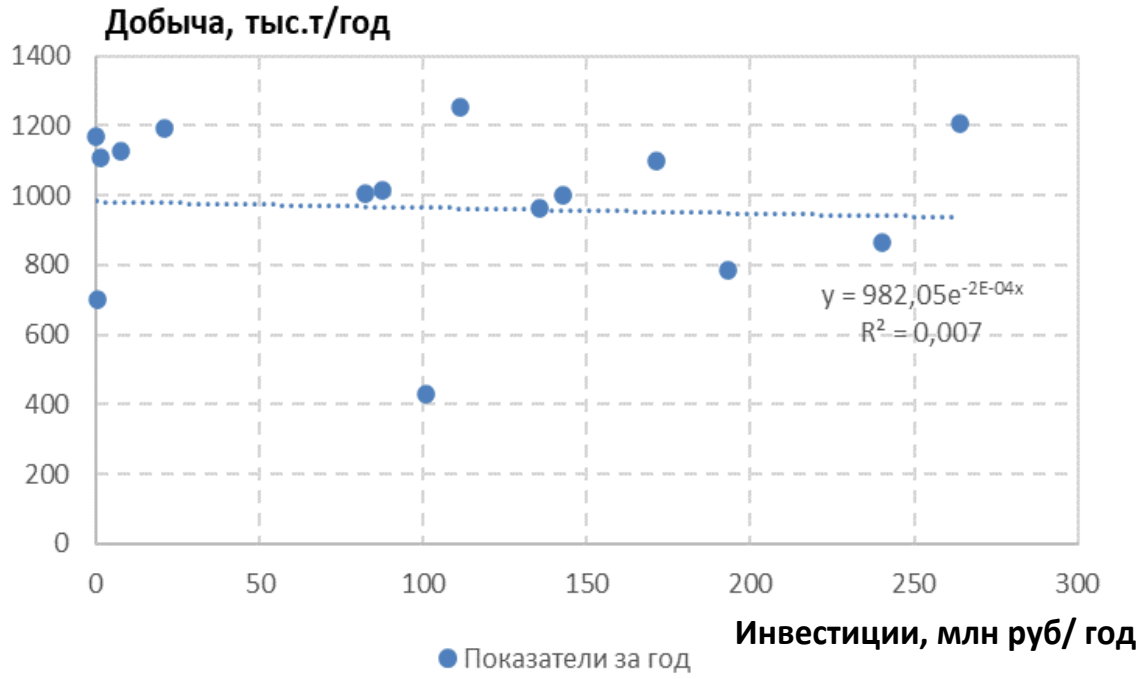


Рисунок 1.3.1 – Влияние величины инвестиций
на показатели деятельности разреза «Черногорский» за 2002-2017гг.

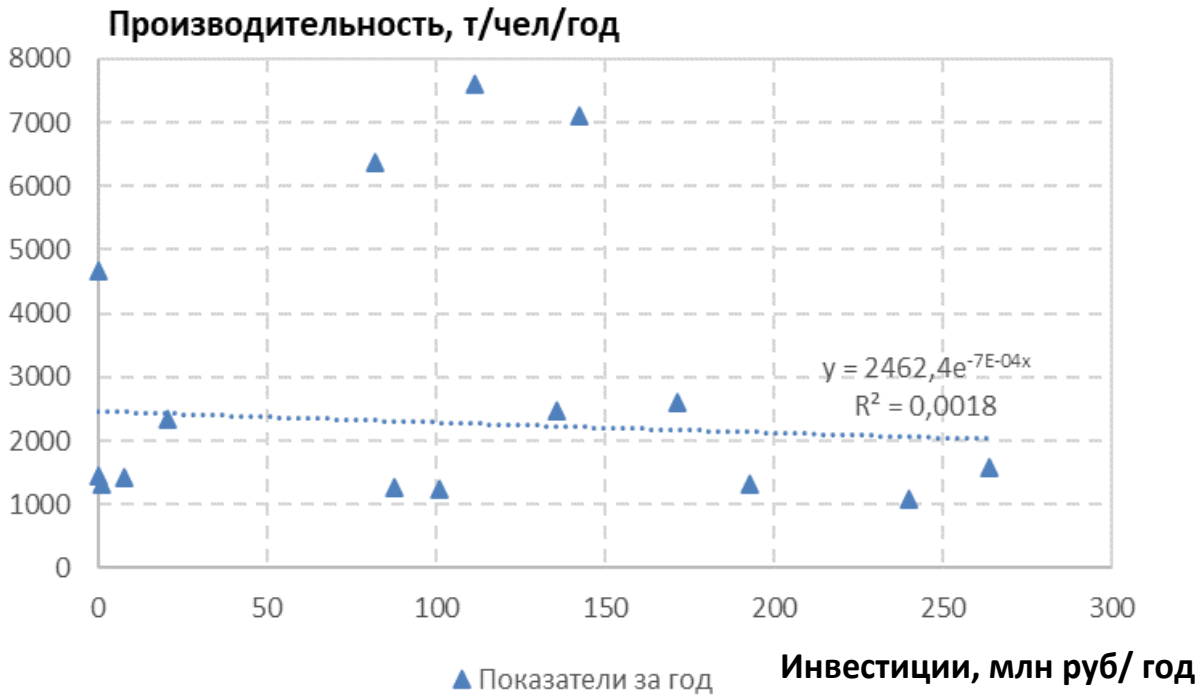
На рисунке 1.3.2 (а, б, в) представлен результат недостаточно эффективных инвестиций в развитие и обновление комплекса технологического горного оборудования разреза «Изыхский». В сравнении с

инвестиционной деятельностью разреза «Черногорский» на разрезе «Изыхский» отсутствует связь технико-экономических показателей с инвестициями в развитие и обновление комплекса технологического горного оборудования.

а) объем добычи угля



б) производительность труда персонала



в) показатель EBITDA

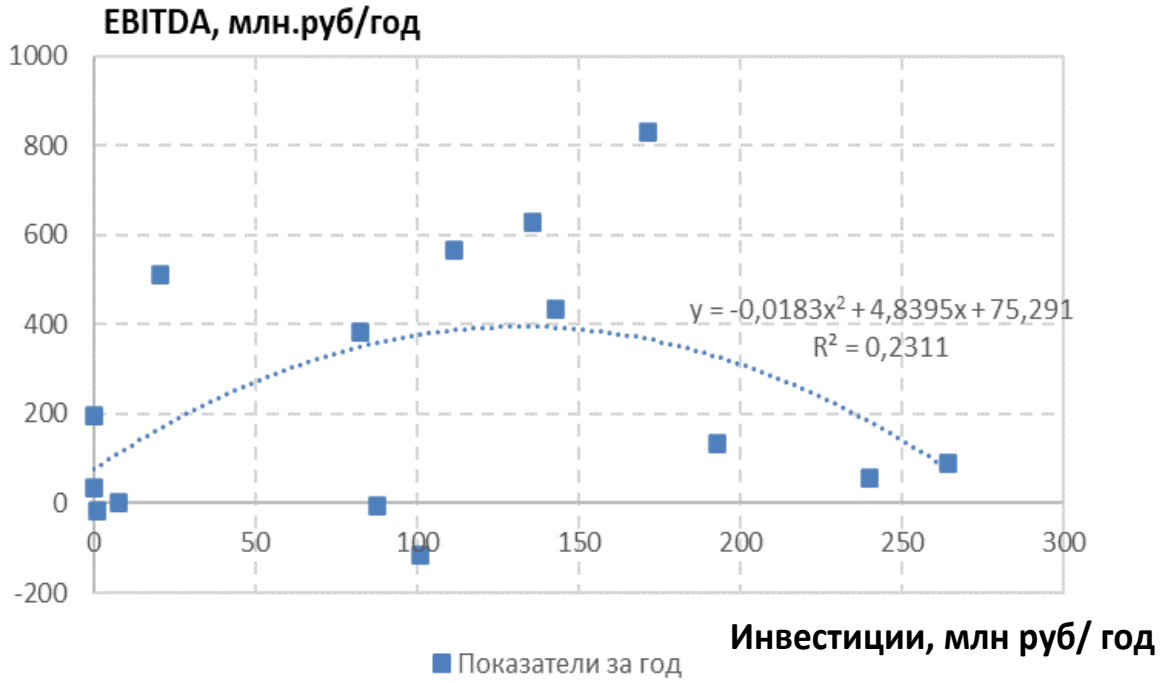


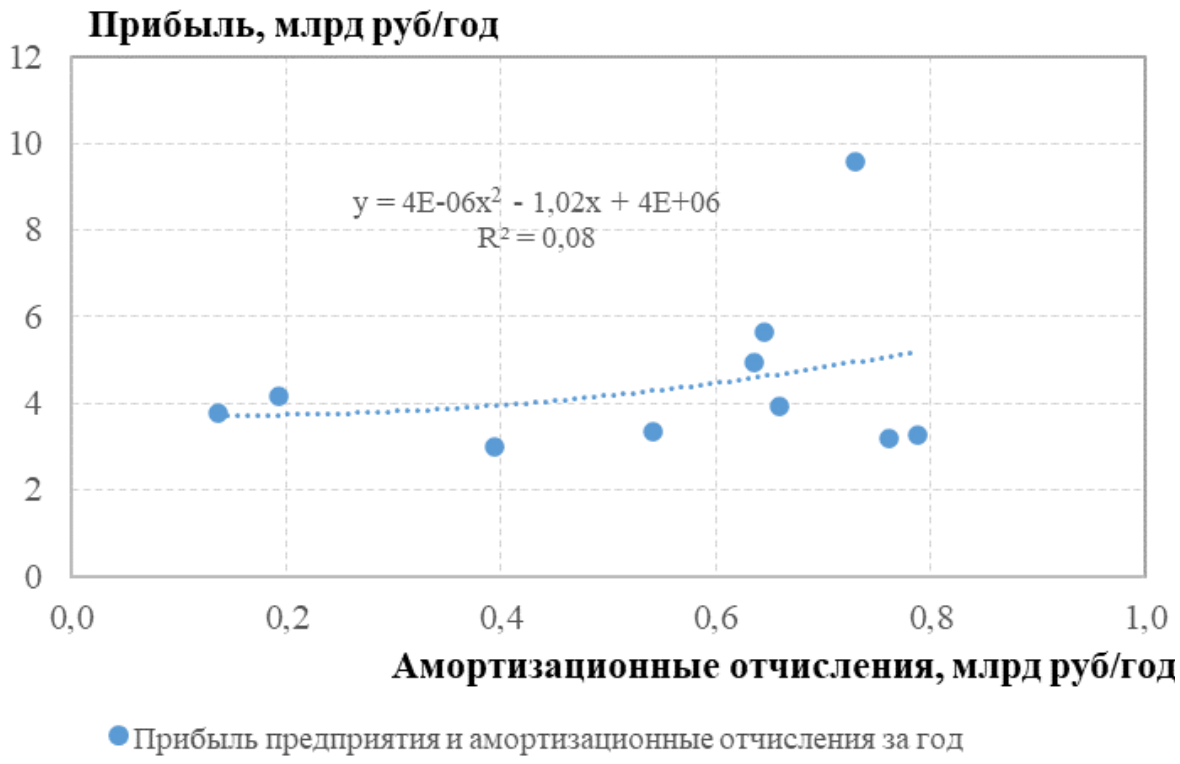
Рисунок 1.3.2 – Изменение величины инвестиций
и показателей деятельности разреза «Изыхский» за 2002-2017гг.

На российских горнодобывающих предприятиях для определения рентабельности дальнейшей эксплуатации или списания оборудования, как правило, применяется формула расчета амортизационных отчислений, включающая расчет дефлированных затрат на покупку новой единицы оборудования, оценку фактического его жизненного цикла и объема выполненной работы. При этом не производится вычисление показателей сохранения эффективности оборудования, а также, как правило, не учитываются возможности улучшения этих показателей при изменении условий эксплуатации машины или при росте цены на продукцию горнодобывающего предприятия. Таким образом результаты оценки рентабельности всего комплекса технологического горного оборудования и каждой его отдельной единицы являются необъективными, что закономерно приводит к росту риска потери предприятием конкурентных преимуществ в условиях рыночных отношений.

Анализ эффективности эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ряда горнодобывающих предприятий по показателю амортизационных отчислений показал отсутствие связи фактической прибыли

предприятий с амортизационными отчислениями при эксплуатации оборудования. Кроме этого, моделирование технико-экономических показателей предприятий в условиях отсутствия роста цены на продукцию показало, что по большинству предприятий рост амортизации привел бы к существенному снижению прибыли предприятий и в некоторых случаях привел бы к убыточной их деятельности. На рисунках 1.3.3 (а, б) и 1.3.4 (а, б) представлены графики изменения фактической и приведенной прибыли (при сохранении цены на продукцию) разреза «Черногорский» и разреза «Тугнуйский» с амортизационными отчислениями при эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. По графикам видно, что величина амортизационных отчислений не оказывает влияния на прибыль предприятия. Из этого следует, что применение только этого показателя не позволяет в условиях рыночной экономики адекватно управлять эффективностью эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия.

а)



б)

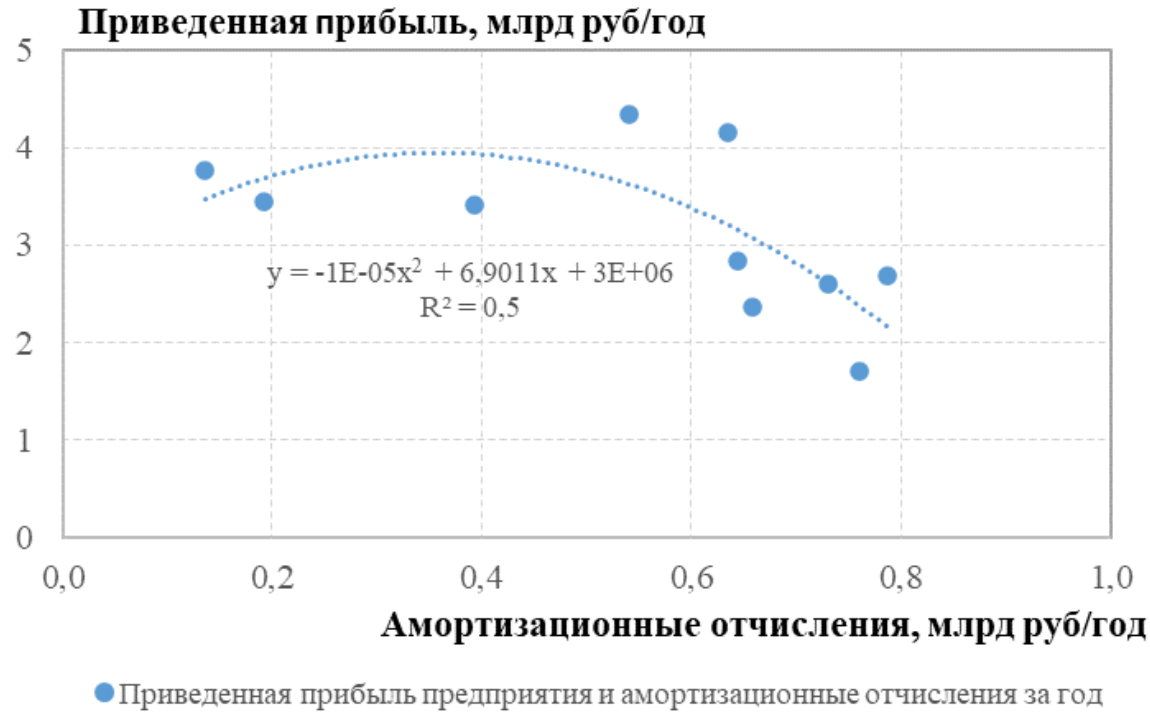
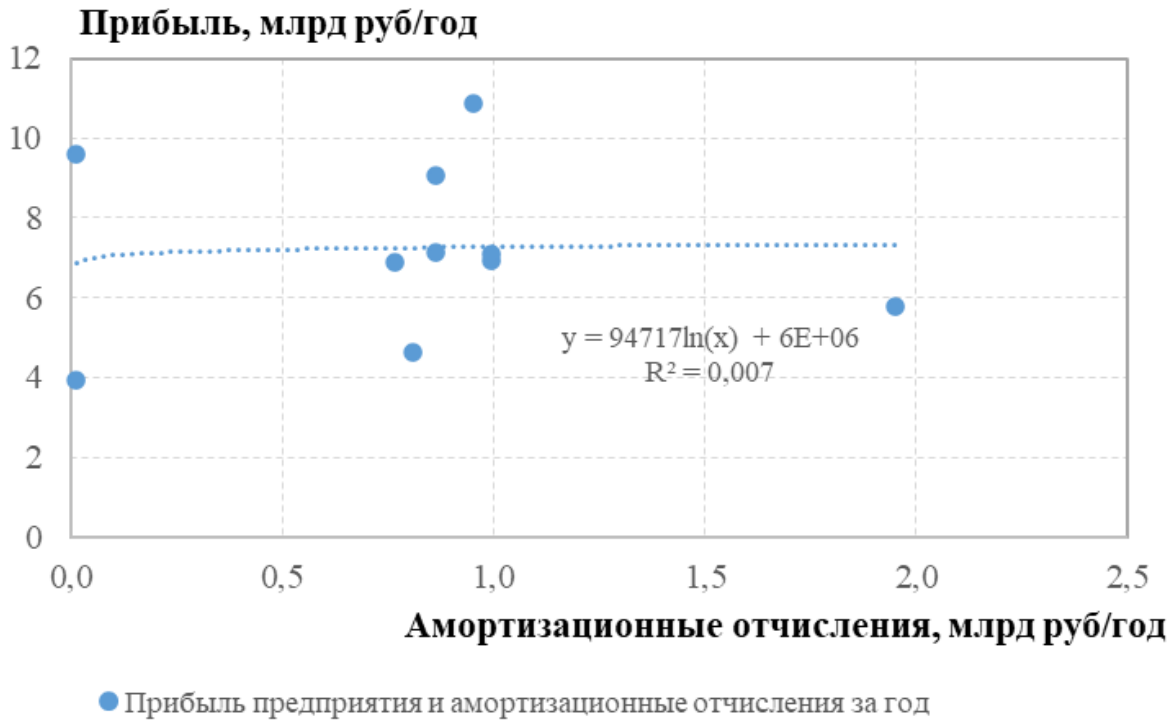


Рисунок 1.3.3 – Амортизационные отчисления при эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и изменение а) фактической прибыли и б) приведенной прибыли разреза «Черногорский» за 2011-2020гг.
(приведенная прибыль рассчитывалась в ценах на продукцию за 2011г.)

а)



б)

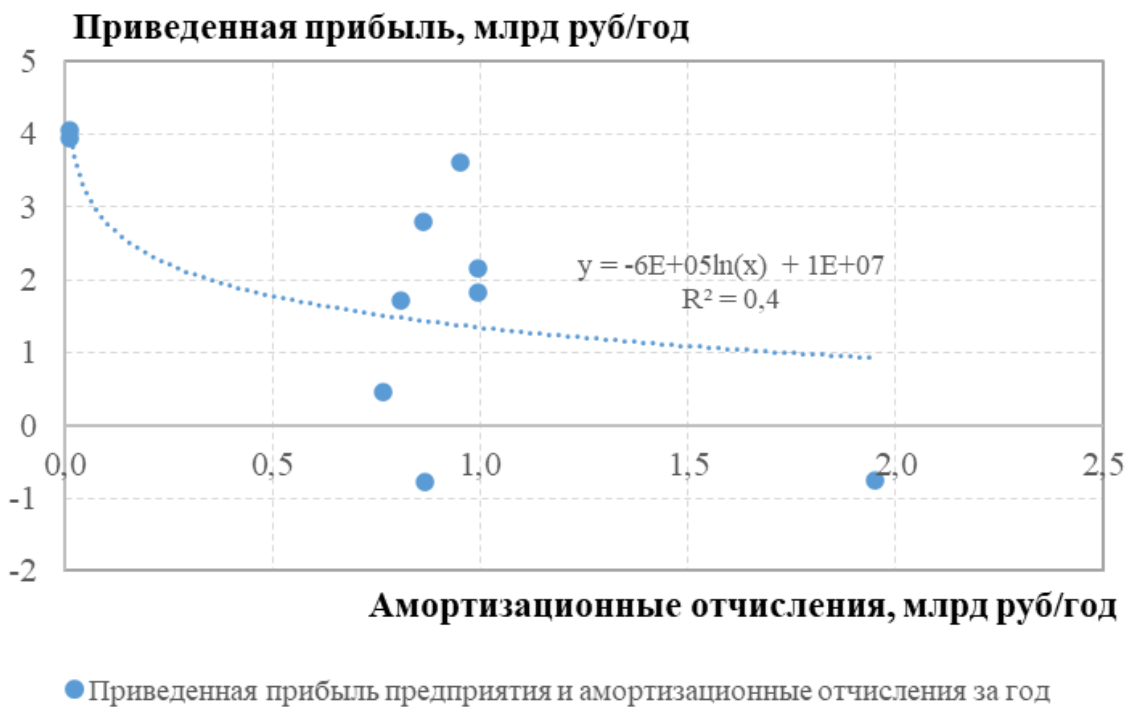


Рисунок 1.3.4 – Амортизационные отчисления при эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и изменение а) фактической прибыли и б) приведенной прибыли разреза «Тугнуйский» за 2011-2020гг.
(приведенная прибыль рассчитывалась в ценах на продукцию за 2011г.)

Также для оценки результатов осуществляемых инвестиций в развитие и обновление оборудования было произведено сравнение эффективности расхода финансовых ресурсов на эксплуатацию однотипных видов горного оборудования горнодобывающих предприятий с сопоставимыми горно-геологическими условиями. В частности, по автосамосвалам БелАЗ-7513 двух разрезов (ООО «Восточно-Бейский разрез» и разреза «Черногорский»), представлено сравнение расчетов удельной стоимости ремонтов с нарастающим итогом. Расчет с нарастающим итогом позволяет определять изменение эффективности работы оборудования не только за отдельный год их работы, но и за весь его жизненный цикл. В результате оценки было выявлено, что в среднем по автосамосвалам БелАЗ-7513 ООО «Восточно-Бейский разрез» и разреза «Черногорский» первые 4-5 лет характеризуются устойчивым ростом удельной стоимости ремонтного обслуживания в 2 раза ежегодно, а последующие 5-6 лет – в 1,05 раза. При этом автосамосвалы ООО «Восточно-Бейский разрез» характеризуются в 1,5 раза меньшей величиной

удельной стоимостью ремонтного обслуживания за 10-летний период по сравнению с автосамосвалами разреза «Черногорский» (рисунок 1.3.5).

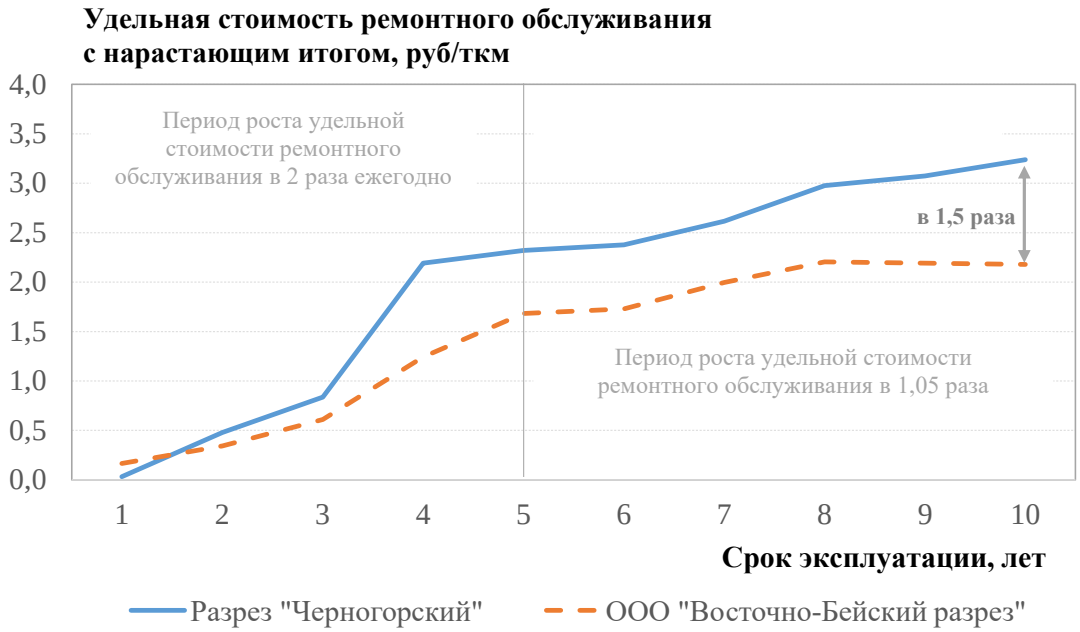


Рисунок 1.3.5 – Удельная стоимость ремонтного обслуживания автосамосвалов БелАЗ-7513 разреза «Черногорский» (12 единиц) и ООО «Восточно-Бейский разрез» (20 единиц)

Выявленное изменение удельной стоимости ремонтного обслуживания автосамосвалов БелАЗ-7513 обоих разрезов может свидетельствовать о более эффективном подходе к ремонтному обслуживанию автосамосвалов, реализуемом в ООО «Восточно-Бейский разрез», по сравнению с подходом, реализуемом на разрезе «Черногорский». Вместе с тем, годовая производительность одного среднесписочного автосамосвала БелАЗ-7513 ООО «Восточно-Бейский разрез» в среднем на 35% превышает аналогичные показатели разреза «Черногорский». В результате за 10-летний период эксплуатации на один среднесписочный автосамосвал БелАЗ-7513 ООО «Восточно-Бейский разрез» приходится на 14,5 млн ткм больше, чем на разрезе «Черногорский», что эквивалентно 7,3 месяцам работы одного БелАЗ-7513 (рисунок 1.3.6). Выявление причин существенно отличающихся результатов осуществляемых инвестиций в развитие и обновление комплекса технологического горного оборудования ряда горнодобывающих предприятий, работающих в сопоставимых горно-геологических условиях, позволило определить, что зачастую при приобретении нового, более современного и

прогрессивного оборудования, в первую очередь совершенствуются подходы к организации его работы и, по остаточному принципу, реализуются улучшения в подсистеме его ремонтного обслуживания. В результате этого формируется доминирование подсистемы организации работы оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания.

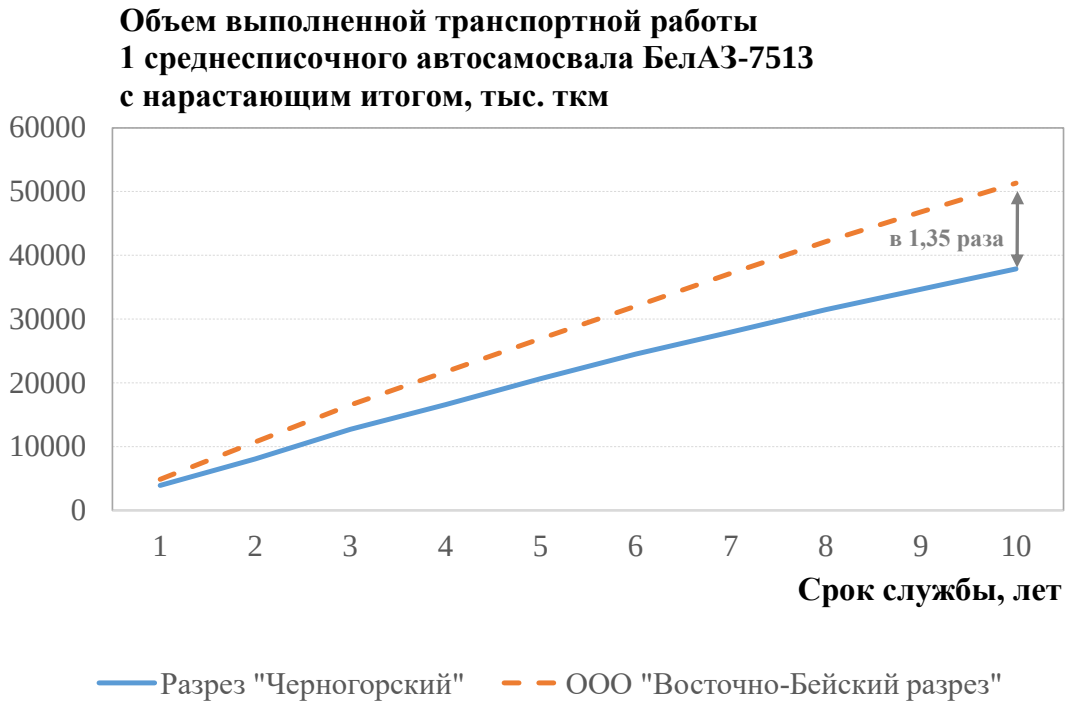


Рисунок 1.3.6 – Объем транспортной работы
автосамосвалов БелАЗ-7513 разреза «Черногорский» (12 единиц)
и ООО «Восточно-Бейский разрез» (20 единиц)

Подсистемы организации работы горного оборудования и его ремонтного обслуживания во взаимодействии образуют целостность системы эксплуатации комплекса технологического оборудования и обеспечивают реализацию ее предназначения. Вместе с тем, эти подсистемы в отдельном их рассмотрении представляют собой самостоятельные структурные объекты предприятия, имеющие свои функции и средства осуществления деятельности. Результатом функционирования подсистемы организации работы горного оборудования является выполнение плана по объему производства, результатом функционирования подсистемы ремонтного обслуживания – обеспечение требуемого уровня работоспособности горного оборудования. При этом подсистемы, реализуя свои задачи, стремятся сделать свои функции главенствующими, наталкиваясь на противодействие другой подсистемы,

преследующей ту же цель. В результате, каждая подсистема стремится стать доминирующей. Доминирующая подсистема оказывает преобладающее влияние на другую, «подчиняет» ее себе, что зачастую приводит к несоблюдению условий, определяющих качество реализации функции «подчиненной» подсистемы, и как следствие, неудовлетворительному уровню реализации предназначения всей системы эксплуатации комплекса технологического оборудования.

Формирование доминирования подсистемы организации работы оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания можно продемонстрировать на примере освоения в производственном процессе гидравлических экскаваторов типа Komatsu PC4000 на разрезе «Черногорский». Данный разрез является одним из пилотных объектов АО «СУЭК» по освоению и совершенствованию результативных организационных решений. Первые два экскаватора Komatsu PC4000 были введены в процессы вскрышных работ на разрезе «Черногорский» во 2 квартале 2014 г., и в последующие 6 месяцев их эксплуатации достигнутый уровень производительности этих машин не превысил 64% от потенциально возможного уровня [163]. Следует отметить, что до ввода экскаваторов Komatsu PC4000 в эксплуатацию на разрезе «Черногорский» были реализованы улучшения в подсистеме организации работы этих машин: обеспечен и подготовлен фронт работы достаточного объема горной массы, сформированы транспортные коммуникации и специализированные линии электропередач, обучены машинисты.

С I квартала 2015 г. руководством разреза «Черногорский» совместно с руководством регионального производственного объединения (РПО) ООО «СУЭК-Хакасия» был организован второй этап развития системы эксплуатации Komatsu PC 4000, ключевые решения которого были также направлены на совершенствование подсистемы организации работы этих машин, что позволило повысить уровень производительности этих машин до 77% от потенциального уровня. Исследование недостаточной эффективности реализуемых улучшений для достижения потенциального уровня производительности экскаваторов Komatsu PC4000 показало, что в результате

несбалансированного развития подсистем системы эксплуатации этих машин было сформировано доминирование подсистемы организации работы над подсистемой ремонтного обслуживания. Следствием этого стало несоблюдению условий, необходимых для обеспечения требуемого качества реализации функции подсистемой ремонтного обслуживания. Например, для повышения производительности экскаваторов перестали соблюдать графики плановых ремонтов, что в конечном итоге приводило к увеличению количества их внезапных отказов. Аналогичные ситуации наблюдаются и на других предприятиях России. На третьем этапе развития, характеризующимся, главным образом, улучшениями в подсистеме ремонтного обслуживания, была освоена потенциально возможная производительность экскаваторов. Реализованные улучшения в подсистеме ремонтного обслуживания экскаваторов позволили обеспечить ее равноценность с подсистемой организации их работы, в результате чего начали выполняться условия, необходимые для качественного выполнения их функций [129, 206, 207] (рисунок 1.3.7).

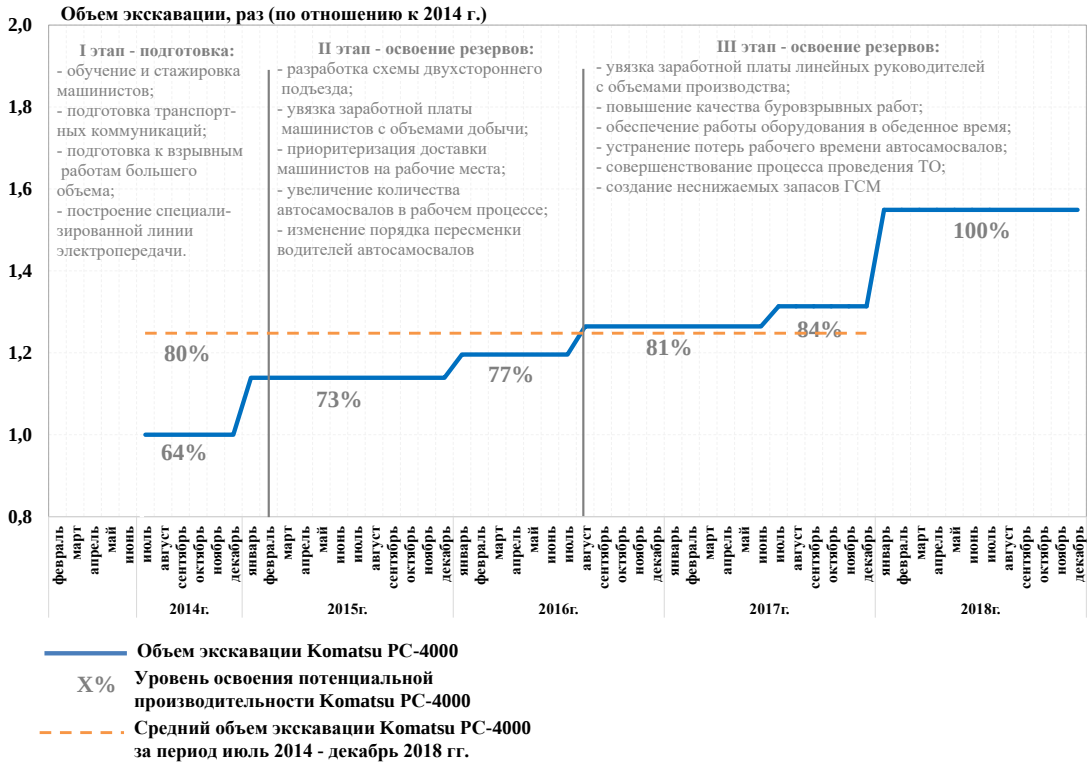


Рисунок 1.3.7 – Этапы развития системы эксплуатации экскаваторов Komatsu PC4000 на разрезе «Черногорский»

На основании представленных результатов исследования существующей научно-методической базы развития системы эксплуатации отдельных видов технологического горного оборудования, а также практических примеров результатов развития сделан вывод, что на горнодобывающих предприятиях при приобретении нового современного оборудования в первую очередь совершенствуются подходы к организации его работы и по остаточному принципу реализуются улучшения в подсистеме его ремонтного обслуживания. В результате формируется доминирование подсистемы организации работы оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания. Как правило, при формировании доминирования в системе эксплуатации одна подсистема «подчиняет» себе другую, что приводит к несоблюдению условий, определяющих качество реализации функций подсистем, и, как следствие, – неудовлетворительному уровню реализации предназначения всей системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Таким образом, необходимо обеспечение сбалансированного развития подсистем системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обеспечивающего его эффективную и надежную работу в процессах добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого. Существующей методологической базы недостаточно для решения этой важной народнохозяйственной проблемы, что обусловливает актуальность разработки методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия, обеспечивающих совершенствование взаимодействия ее подсистем.

Раскрытие этапов решения поставленной проблемы представлено в виде логической схемы исследования на рисунке 1.3.8.

Рисунок 1.3.8 – Логическая схема исследования

Выводы по 1 главе

1. Анализ технико-экономических показателей и изменений внутренней и внешней среды ряда горнодобывающих предприятий позволил определить, что непрерывное масштабное техническое переоснащение комплексов и формирование специализированных сервисных предприятий ремонтного обслуживания горного оборудования, обеспечили значительный рост производительности оборудования и труда персонала. Вместе с тем в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования не используется 45-65% его технического потенциала, что приводит к несоответствию процесса функционирования этой системы возрастающим требованиям к эффективности производства. Дальнейшее увеличение производительности оборудования и труда персонала затруднено в связи с сформированным доминированием подсистемы организации работы над подсистемой ремонтного обслуживания.

2. Изучение существующей научно-методической базы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволило определить, что в ней недостаточно исследовано влияние тенденций функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на показатели деятельности горнодобывающих предприятий. Необходима разработка методического инструментария сбалансированного развития двух ее основных подсистем при котором не формируется доминирование одной подсистемы над другой.

3. Обоснована необходимость проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований результатов развития системы эксплуатации комплексов технологического горного оборудования для разработки методологических основ ее развития, что имеет важное народнохозяйственное значение для повышения конкурентоспособности горнодобывающих предприятий России.

Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. Предназначение, структура и свойство адаптивности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Исследование влияния основных этапов развития отечественной промышленной экономики на деятельность горнодобывающих предприятий позволило установить, что в период 1960-1990 гг. сформированные условия централизованной экономики и финансирования предприятий, а также их обеспечение 100% государственным заказом на производимую продукцию позволяли предприятиям приобретать современное советское горное оборудование, формировать для работников комфортную и привлекательную социально-экономическую среду и создавать новые рабочие места. В результате в горной отрасли в этот период наблюдался рост производственных мощностей предприятий и увеличение объема производства. В период 1991-2001 гг., когда осуществлялся переход промышленной экономики к рыночным условиям, на горнодобывающих предприятиях начала формироваться и реализовываться частная форма владения производственными активами, при этом открылся свободный доступ предприятий к рынкам сбыта, что в свою очередь ужесточило уровень конкуренции на рынке полезных ископаемых между странами СНГ. Данный период для горнодобывающих предприятий характеризовался прекращением предоставления бюджетных средств (дотаций) от государства, что приводило к усложнению их реструктуризации: на несколько месяцев задерживались выплаты заработной платы персоналу предприятий, обеспечение нормальной эксплуатации оборудования затруднялось в связи с невозможностью получить оперативный доступ к комплектующим изделиям и другим материально-техническим ресурсам, а ряд нерентабельных предприятий были объявлены банкротами и ликвидированы. Начиная с 2002 г. предприятия стали организовываться в корпорации в результате полноценного перехода к рыночной экономике,

являющегося по своей сути подготовительным этапом для перехода к глобальной экономике.

Выявленные изменения в деятельности отечественных горнодобывающих предприятий, пришедшиеся на основные этапы изменения промышленной экономики страны, позволяют сделать вывод, что изменение экономики страны требует от предприятий соответствующего изменения целей деятельности и повышения полноценности реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, заключающегося в обеспечении эффективной и надежной работы комплекса технологического горного оборудования в процессах добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого. Уровень реализации предназначения этой системы обусловлен качеством реализации функций ее подсистем: организации работы и ремонтного обслуживания оборудования. В таблице 2.1.1. представлены основные этапы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Анализ результатов развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования в период с 1960 г. по настоящее время и определение качества реализации функций подсистем этой системы на выделенных этапах развития промышленной экономики России позволили выявить тенденцию снижения степени соответствия результатов функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования условиям экономики страны, несмотря на сохраняющийся объем производства, обеспечивающий рентабельность добывающего сектора России (см. таблицу 2.1.1). Как показали результаты исследования с 2011 г. соответствие качества реализации функций подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования целям горнодобывающих предприятий в среднем не превышает, соответственно, 40% и 20%.

Таблица 2.1.1. Основные этапы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Компоненты	Этапы развития экономики России			
	Централизованная	**Переходная**	**Рыночная**	**Глобальная**
	1960-1990гг.	**1991-2001гг.**	**2002-2010гг.**	**2011г.-н.в.**
Цель горнодобывающих предприятий	Увеличение объемов производства в стабильных экономических условиях	Сохранение существования предприятий	Генерирование прибыли на основе удовлетворения потребностей на внутреннем конкурентном рынке страны	Генерирование прибыли на основе удовлетворения потребности мирового сообщества
Требуемый результат системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования	Выполнение плановых объемов производства с применением современного отечественного горного оборудования	Выполнение плановых объемов производства с минимизацией текущих расходов без обновления оборудования	Выполнение плановых объемов производства в рамках сформированного финансового бюджета с применением современного импортного и отечественного горного оборудования	
Ключевые изменения в подсистеме организации работы оборудования	Увеличение объемов производства при соответствующем увеличении количества оборудования и ресурсов	Перевод вспомогательного оборудования на вторичный приоритет	Минимизация возникновения рисков сбоя производственного цикла и повышение объема извлечения полезного ископаемого в горной массе	
	Соответствие качества реализации функции подсистемы цели предприятия, %			
	≈80%	≈60%	≈50%	≈40%
Ключевые изменения в подсистеме ремонтного обслуживания оборудования	Выполнение ремонтов оборудования по нормативу, определенному заводом-изготовителем. Формирование базы для выполнения капитальных ремонтов собственными силами	Выполнение ремонтов по факту отказа оборудования. Перевод процессов ремонта на вторичный приоритет. Выполнение плановых ремонтов, обеспечивающих выполнение функции оборудования в краткосрочном периоде. Реновация основного и вспомогательного оборудования	Выполнение ремонтов оборудования по факту зарождения отказа на основе оценки его технического состояния. Ремонт аналоговыми запчастями и материально-техническими средствами. Инсорсинг ремонта и обслуживания оборудования	Выполнение ремонтов оборудования по факту зарождения отказа на основе оценки его технического состояния. Ремонт оригинальными запчастями и материально-техническими средствами. Аутсорсинг ремонта и обслуживания оборудования
	Соответствие качества реализации функции подсистемы цели предприятия, %			
	100%	≈50%	≈40%	≈20%

Для обеспечения соответствия результатов функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования условиям экономики страны на предприятиях осуществляется изменение парка и модернизация горного оборудования, улучшаются технология и организация его ремонта, совершенствуются средства механизации производства на разных технологических этапах производственного цикла. Однако данные изменения, по сути, являются локальными улучшениями по повышению результативности отдельных видов или групп оборудования, не приводящими к существенному повышению эффективности производства, поскольку принципиально не меняется структура этой системы, что обусловливает сохранение прежних ее характеристик. В результате существенно недоиспользуется технический потенциал комплекса технологического горного оборудования, несмотря на явный технический прогресс современного оборудования.

Соответствие результатов функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования меняющимся целям горнодобывающих предприятий обеспечивается декомпозицией этих целей на задачи подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования и должностные обязанности персонала этих подсистем (рисунок 2.1.1) [208].

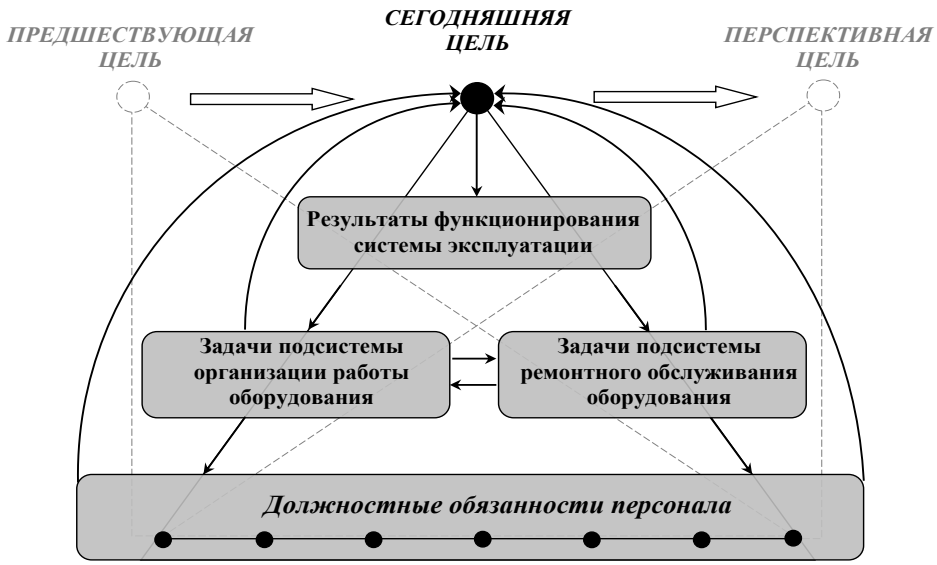


Рисунок 2.1.1 – Схема декомпозиции цели предприятия

Формирование задач подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования в соответствии с целями горнодобывающих предприятий осуществляются посредством преобразования структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Под структурой системы понимается определенное распределение полномочий и ответственности основных ее подсистем, в результате чего обеспечивается взаимодействие подсистем для достижения актуальных целей деятельности предприятия. В таблице 2.1.2. представлен анализ трансформации структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования при различных этапах развития экономики России [209].

Таблица 2.1.2. Структура системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Характеристика структуры	**Этапы развития экономики России**			
	Централизованная	**Переходная**	**Рыночная**	**Глобальная**
	1960-1990гг.	**1991-2001гг.**	**2002-2010гг.**	**2011г.-н.в.**
Форма управления подсистемами	Жесткое администрирование при согласованном взаимодействии подсистем		Жесткое администрирование при рассогласованном взаимодействии подсистем	
Ответственность подсистем, необходимая для достижения актуальной цели	Достаточная	Достаточная, строго вмененная ответственность – за невыполнение следовали жесткие санкции	Недостаточная, ответственность отторгается – происходит перекладывание ответственности одной подсистемой на другую	
Полномочия подсистем, необходимые для достижения актуальной цели	Достаточные и подкреплены соответствующим финансированием	Недостаточные в условиях существенно «сжатого» финансирования	Полномочия подсистемы организации работы оборудования достаточны при значительно ограниченных финансовых ресурсах, а полномочия подсистемы ремонтного обслуживания не достаточны	
Характеристика взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования	Компромиссное взаимодействие	Конфликтно-компромиссное взаимодействие		Конфликтное взаимодействие

С использованием результатов проведенного исследования влияния основных этапов развития отечественной промышленной экономики на деятельность горнодобывающих предприятий выявлено, что на всех этапах трансформации подсистем системы эксплуатации форма управления ими характеризуется как жесткое администрирование. Данная форма управления отличается тем, что решение проблем в производственных процессах вне зависимости от их масштаба вырабатывается не на уровне руководителей и специалистов служб основных подсистем, а на уровне высшего руководства предприятия. В результате производственные проблемы решаются неэффективно, либо откладываются на неопределённый срок, так как высшее руководство находится в режиме постоянной перегрузки текущими задачами, а руководители и специалисты в службах основных подсистем системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования – в режиме ожидания указаний, что не соответствует требованием рыночных экономических отношений [210]. Таким образом формируются формально сильные вертикальные и фактически слабые горизонтальные связи в структуре системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, не позволяющие эффективно организовать взаимодействие персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования. Кроме этого, исследование позволило установить, что при переходе к рыночным отношениям сформировалось рассогласованное взаимодействие подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования (Приложение А). Производственные процессы в подсистемах организации работы и ремонтного обслуживания оборудования при такой форме управления выполняются в режиме ненормированных наряд-заданий, приводящих к снижению соответствия качества реализации функций подсистем актуальной цели предприятия из-за значительных потерь времени производительной работы персонала и оборудования. Результативным решением задачи эффективного развития системы эксплуатации комплекса технологического

горного оборудования является обеспечение согласованного и гибкого взаимодействия ее подсистем по осуществлению производственных процессов по требуемым нормам, регламентам и стандартам (рисунок 2.1.2).

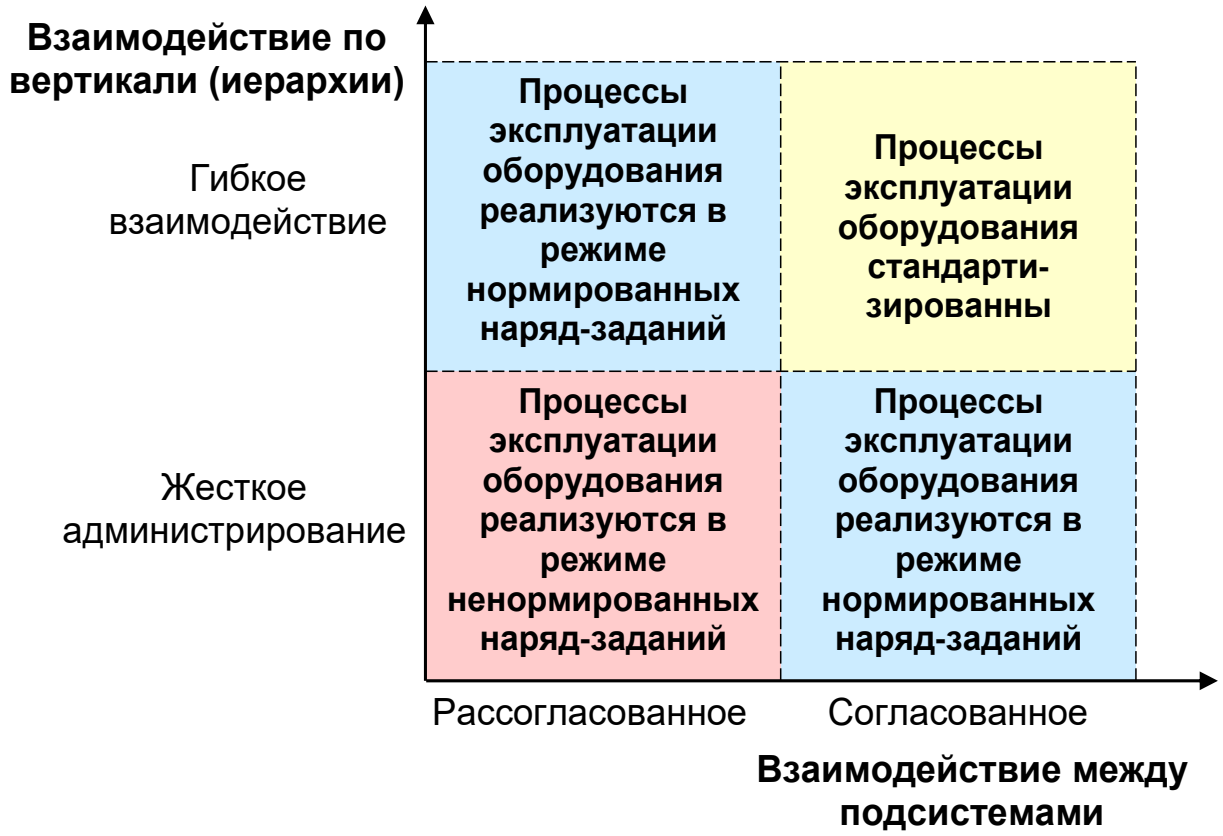


Рисунок 2.1.2 – Уровни стандартизации процессов эксплуатации оборудования в зависимости от формы управления ее подсистемами [210]

Проведенная оценка уровня ответственности в подсистемах организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования в части ее достаточности для достижения актуальной цели предприятия показала, что этот уровень неприемлемо низок, что проявляется в отторжении ответственности со стороны персонала. Выявление и анализ причин отторжения персоналом ответственности за достижение актуальной цели предприятия показали, что главным сдерживающим фактором является невозможность осуществления оценки и обеспечения контроля индивидуальных результатов работников из-за «размытости» персональной ответственности должностных лиц. В качестве примера на рисунке 2.1.3 представлены результаты проведенной оценки персональной ответственности

работников в системе эксплуатации горного оборудования Рудоуправления ПАО «Ураласбест», которая позволила установить, что только у 15% из них возможно полноценно измерить результаты трудовой деятельности [125]. У 85% работников в системе эксплуатации горного оборудования результаты трудовой деятельности измерить затруднительно либо невозможно из-за отсутствия понятных и обоснованных показателей оценки. Представленное распределение персональной ответственности работников в системе эксплуатации горного оборудования Рудоуправления ПАО «Ураласбест» является характерным для значительного количества отечественных горнодобывающих предприятий.

Рисунок 2.1.3 – Оценка персональной ответственности работников, занимающихся эксплуатацией оборудования, в Рудоуправлении ПАО «Ураласбест»

Как правило, отсутствие показателей для оценки индивидуальных результатов трудовой деятельности работников обусловливает снижение эффективности и качества выполнения ими своих трудовых функций, указанных в должностных обязанностях. Анализ результатов деятельности работников Рудоуправления ПАО «Ураласбест», занимающихся организацией работы и ремонтным обслуживанием экскаваторного парка, показал, что не

более 13% должностных обязанностей этих работников выполняются в соответствии с установленными требованиями, 34% обязанностей выполняется с приемлемыми (допустимыми) отклонениями и более 50% – с недопустимыми отклонениями. Следует отметить, что в результате данного анализа было выявлено, что из общего количества реализуемых работниками должностных обязанностей только 30% персонально закреплены за конкретными работниками, а за реализацию 70% могут нести ответственность от 2 до 5 работников [160].

Проведенная оценка достаточности полномочий сотрудников подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования для достижения актуальных целей горнодобывающих предприятий позволила выявить, что в подсистеме организации работы оборудования полномочия сотрудников достаточны при существенно ограниченных финансовых ресурсах, а в подсистеме ремонтного обслуживания – недостаточны. Сложившаяся ситуация в части достаточности полномочий в подсистемах на отечественных горнодобывающих предприятиях преимущественно обусловлена тем, что в период переходной экономики подсистема ремонтного обслуживания оборудования получила «второстепенный» приоритет. В этих условиях она не способна оказывать влияние на ключевые показатели результатов своей деятельности, такие как своевременность постановки оборудования на ремонт и полноценность его выполнения, а также не имеет возможности осуществлять контроль за условиями работы оборудования, при которых могут возникать пиковые нагрузки на основные механизмы, узлы и детали машин.

Уровни достаточности полномочий и ответственности сотрудников основных подсистем для достижения актуальной цели предприятия, а также установленная форма управления подсистемами, выявленные в результате проведенного исследования структуры системы эксплуатации комплекса

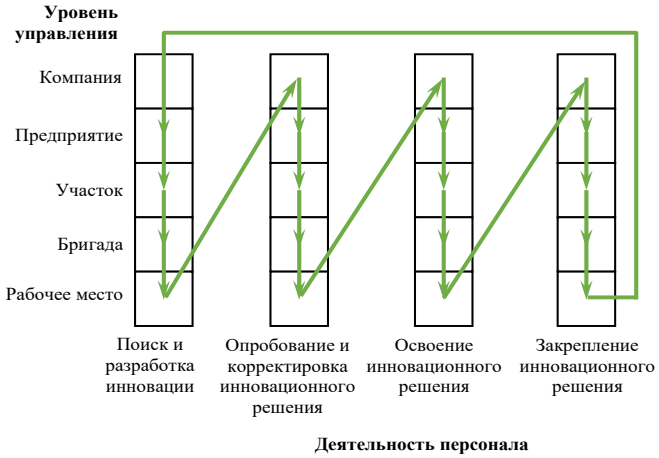
технологического горного оборудования на отечественных горнодобывающих предприятиях, обусловливают конфликты во взаимодействии между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания оборудования.

Обеспечение персонального закрепления ответственности в основных подсистемах системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования путем их дифференциации и конкретизации у персонала позволяет сформировать взаимовыгодное сотрудничество между подсистемами, а также их взаимосогласованную деятельность по достижению актуальной цели горнодобывающего предприятия. Взаимовыгодное сотрудничество между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания оборудования достигается при условии, что обе подсистемы при взаимодействии достигают требуемых результатов в своей зоне ответственности. Оценка результатов взаимодействия подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования на примере ООО «СУЭК-Хакасия» по показателю обеспечения баланса экономических интересов и ответственности за пятилетний период показала, что баланс соблюдается в среднем только в 30% случаях [211, 212]. Баланс экономических интересов между подсистемами системы эксплуатации заключается во взаимном удовлетворении интересов заказчика услуги (подсистема организации работы оборудования) и ее исполнителя (подсистема ремонтного обслуживания оборудования). Интересом подсистемы организации работы является достижение требуемого уровня работоспособности оборудования при рациональных затратах на ремонт, а у подсистемы ремонтного обслуживания – увеличение оплаты за услуги по ремонту оборудования.

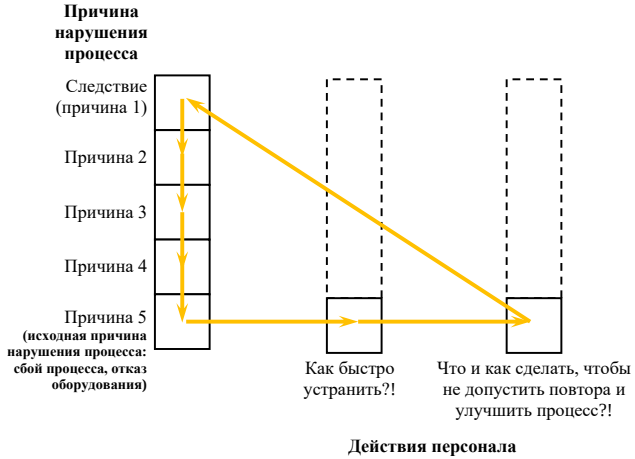
По итогам проведенного исследования сделан вывод, что основной причиной несоответствия результатов системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования актуальным целям

горнодобывающих предприятий является инертность ее подсистем к необходимым изменениям своей деятельности. Следовательно, для развития системы эксплуатации горного оборудования первостепенную важность приобретает ее уровень адаптивности к трансформации. По уровню адаптивности можно выделить четыре структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования: неадаптивная, пассивно-адаптивная, активно-адаптивная и проактивно-адаптивная. Неадаптивная структура системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования характеризуется тем, что изменения в подсистемах производятся только в случаях возникновения сбоев в производственном процессе, которые позволяют восстанавливать нормальный уровень производства, однако не исключают возможности повторения сбоев. Изменения, реализуемые при пассивно-адаптивной структуре системы, исключают повторения подобных сбоев производственных процессов, а при активно-адаптивной – также включают в себя элементы улучшения производственных процессов. При проактивно-развиваемой структуре системы эксплуатации оборудования в подсистемах организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования осуществляется деятельность по поиску новых возможностей развития системы, а также на всех уровня управления производственными процессами прорабатываются, корректируются и осваиваются требуемые решения (рисунок 2.1.4). Для освоения проактивно-развиваемой структуры требуется формирование определенных взаимосвязей в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

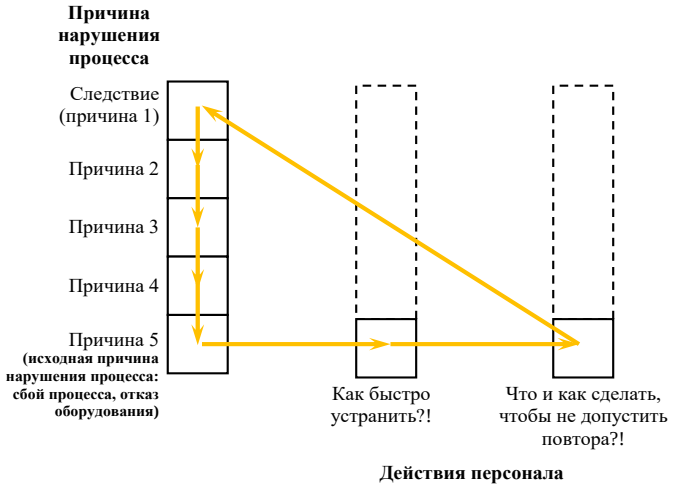
а) проактивно-развиваемая структура



б) активно-адаптивная структура



в) пассивно-адаптивная структура



г) неадаптивная структура

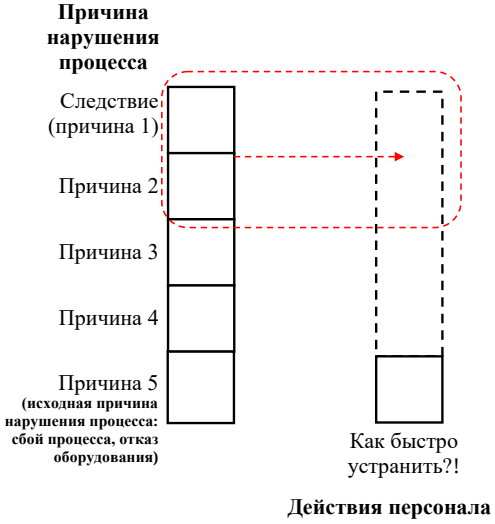


Рисунок 2.1.4 – Схема функционирования подсистем
при различных структурах системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Таким образом, на основе проведенного исследования установлено, что последние 60 лет российские горнодобывающие предприятия находились в условиях, вынуждающих изменять цели своей деятельности, приводя их в соответствие с изменениями в промышленной экономике страны и мира. С 1960 по 1990 гг. изменения в промышленной экономике страны обусловливали необходимость увеличения объемов производства на горнодобывающих предприятиях в условиях стабильной экономики; с 1991 по 2001 гг. предприятия осуществляли деятельность по сохранению своего существования; с 2002 г. и по настоящее время ключевой целью предприятий является обеспечение максимальной прибыли путем удовлетворения потребностей потребителей рынка полезных ископаемых мирового сообщества и внутри страны.

Для достижения актуальных целей деятельности горнодобывающих предприятий реализуются изменения в подсистемах организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования. Однако производимые изменения, по сути, являются локальными улучшениями по повышению результативности отдельных видов или групп оборудования, не приводящими к существенному повышению эффективности производства, поскольку принципиально не меняется структура этой системы, что обусловливает сохранение прежних ее характеристик. В результате этого качество реализации функций подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования остается на неудовлетворительном уровне.

Повышение качества реализации функций подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования обеспечивается преобразованием структуры системы эксплуатации оборудования технологического комплекса. Определено, что структура этой системы преобразовывается декомпозицией цели предприятия на задачи подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования, посредством конкретизации и разграничения полномочий и ответственности подсистем, а

также обеспечением взаимовыгодного их сотрудничества для достижения актуальной цели предприятия.

Первоочередную важность в отношении развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования приобретает свойство адаптивности этой системы к трансформации. Для повышения адаптивности этой системы требуется освоение проактивно-развиваемой структуры. Переход к проактивно-развиваемой структуре требует формирования деятельности у персонала подсистем, включающей в себя поиск новых возможностей развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, разработку или выбор необходимых решений, опробование и корректировку решений, их освоение и закрепление на всех уровнях управления производством.

2.2. Взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Обоснованная необходимость формирования проактивно-развиваемой структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на горнодобывающих предприятиях предопределила исследование результативности взаимодействия основных подсистем этой системы с целью выявления наиболее распространенной структуры. В результате было установлено, что на отечественных горнодобывающих предприятиях, как правило, распространены пассивно-адаптивная и неадаптивная структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, в т.ч. и на ведущих предприятиях горной отрасли. Сложившаяся ситуация обусловливает снижение эффективности развития рассматриваемой системы, т.к. улучшения в подсистемах при таких структурах реализуются только в случае возникновения нарушения производственного процесса и имеют локальный характер. Результатом реализации локальных улучшений в подсистемах является не соответствующие друг другу эксплуатационная производительность оборудования и его работоспособность. На рисунке 2.2.1 представлено

распределение горного оборудования горнодобывающих предприятий, входящих в состав ООО «СУЭК-Хакасия», по уровням его производительности и работоспособности, выраженной коэффициентом готовности [212]. Представленное распределение оборудования является характерным для существенного количества современных российских горнодобывающих предприятий.

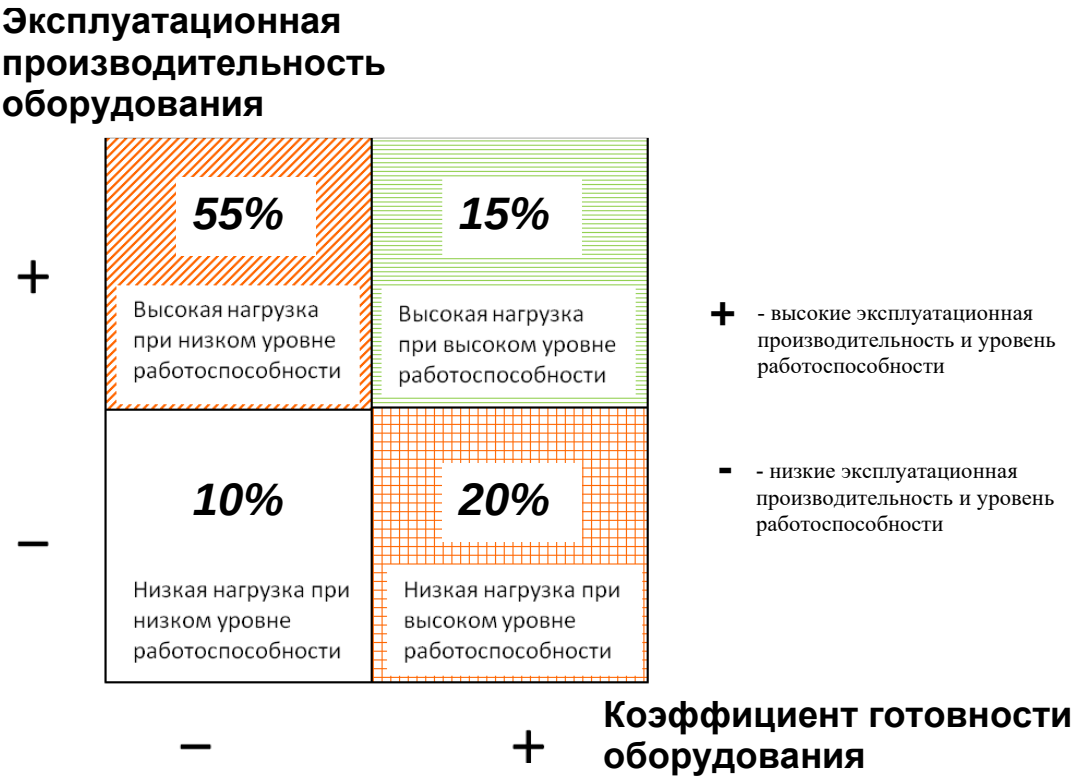


Рисунок 2.2.1 – Распределение оборудования ООО «СУЭК-Хакасия» в зависимости от его производительности и коэффициента готовности

Из рисунка видно, что основное количество оборудования, около 55%, находится в области высокой нагрузки при низком уровне его работоспособности. В этом случае происходит снижение эффективности производства из-за роста количества отказов оборудования и, соответственно, увеличение затрат времени на его внеплановый ремонт. Увеличение финансовых затрат на ремонтное обслуживание в такой ситуации может достигать более 2 раз.

В области низкой нагрузки при высоком уровне работоспособности находится около 20% оборудования. В этом случае происходит перерасход на

25% финансовых затрат на эксплуатацию оборудования, что связано с повышением себестоимости проведения ремонтных работ.

Около 10% оборудования характеризуется недостаточной функциональной нагрузкой и низкой работоспособностью, в результате чего оборудование является нерентабельным или низкорентабельным, а его эксплуатация закономерно снижает эффективность производства.

Установлено, что только около 15% основного оборудования функционирует с максимально возможной эксплуатационной производительностью при соответствующем уровне его работоспособности. В этом случае возможно обеспечить высокую эффективность производства посредством уменьшения удельных эксплуатационных затрат более чем в 3 раза.

Повышение эксплуатационной производительности до возможного уровня с приемлемыми затратами на его ремонтное обслуживание требует определенного воздействия на взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Анализ существующей научно-методической базы и результаты исследования автором тенденций развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволили определить, что ключевое влияние на результативность взаимодействия подсистемы организации работы оборудования и подсистемы его ремонтного обслуживания оказывают сформированные параметры качества рабочей среды и режимы работы горного оборудования, а также технология и организация его ремонтного обслуживания [1, 73, 75, 85, 107, 109, 214, 215, 216, 217].

Рабочая среда оборудования определяется природными и техногенными условиями, непосредственно влияющими на уровень использования его технических возможностей. Природные условия обусловлены характеристиками отрабатываемого месторождения, а техногенные – воздействием антропогенных факторов. В зависимости от характеристик отрабатываемого месторождения, отражающих залегание полезного

ископаемого, физико-механических свойств пород и климатических условий, эксплуатационная производительность горного оборудования может изменяться в диапазоне более 2 раз и его надежность, выраженная вероятностью безотказной работы, – более 2,5 раз [1, 73, 107, 109, 215, 217]. В зависимости от характеристик месторождения возможно сформировать техногенные условия для повышения эффективности и надежности работы оборудования. Так, например, в условиях Рудоуправления ПАО «Ураласбест» было установлено, что повышение эксплуатационной производительности экскаваторов при сохранении техногенных условий обусловливало увеличение продолжительности простоев этих машин в ремонте из-за возрастания количества внезапных отказов (рисунок 2.2.2).

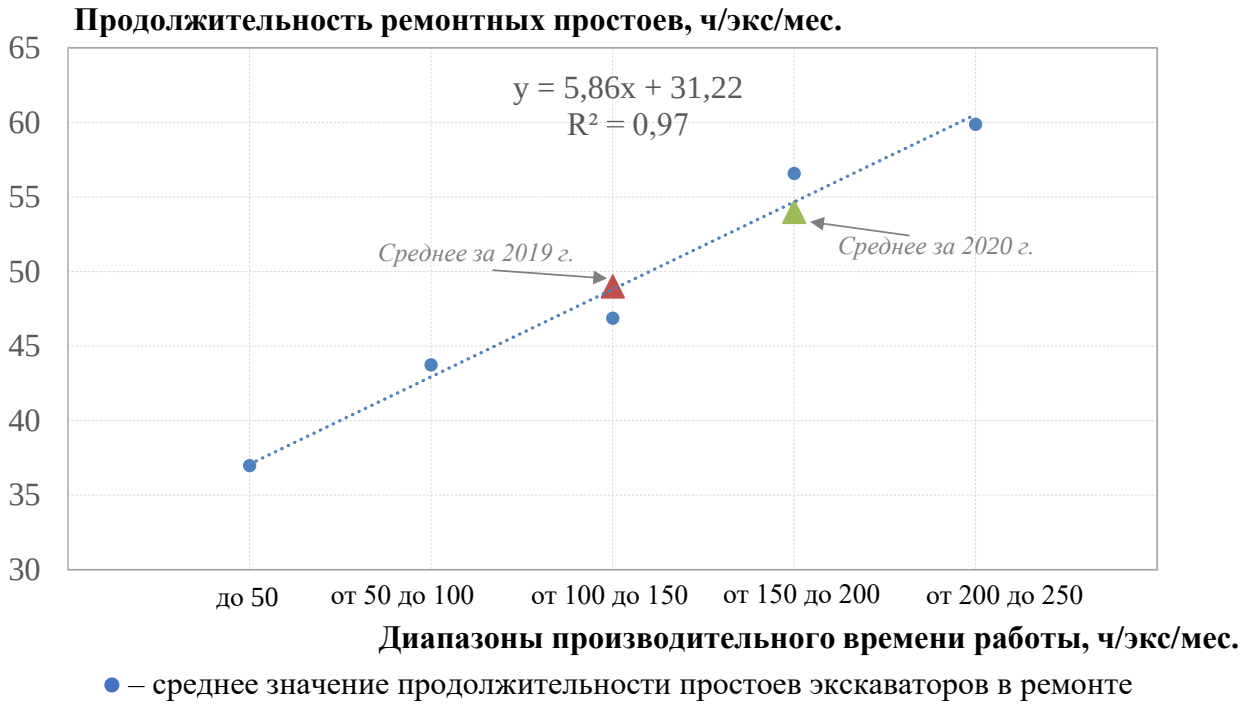


Рисунок 2.2.2 – Зависимость продолжительности простоев экскаваторов ЭКГ-8И в ремонте от времени производительной работы

Из выявленной зависимости установлено, что увеличение производительного времени на 50 ч/экс/мес. приводит к увеличению продолжительности простоев в ремонте на 6 ч/экс/мес. Следует отметить, что анализ выполненных плановых ремонтов за период 2019-сентябрь 2020 гг.

позволил установить сохраняющуюся среднюю продолжительность их выполнения, из чего следует, что рост ремонтных простоев в выявленной зависимости преимущественно происходит из-за увеличения внезапных отказов оборудования. Сохранение данной тенденции приводит к увеличению затрат на ремонт экскаваторов по причине роста количества их внезапных отказов.

Вместе с тем корреляционно-регрессионный анализ технико-экономических показателей работы экскаваторов ЭКГ-8И показал, что существенное влияние на результаты эксплуатации данного вида оборудования оказывает гранулометрический состав взорванной горной массы. Это связано с тем, что возникающий сложный динамический характер нагружения обусловливает значительные напряжения в элементах механизмов и конструкций карьерных механических лопат [219]. Данная причинно-следственная связь, как правило, приводит к увеличению количества отказов этих машин, а также к увеличению их продолжительности, трудоемкости и стоимости ремонтов. Анализ продолжительности ремонтных простоев, приходящихся на узлы и механизмы добычных экскаваторов Рудоуправления ПАО «Ураласбест», позволил установить, что не менее 50% неплановых простоев этих машин связаны с повреждением либо с отказом узлов и механизмов, на которые качество дробления горной массы взрывом оказывает наибольшее влияние [1]. В результате проведенного исследования было установлено, что с повышением доли содержания негабарита в забое увеличивается продолжительность и стоимость устранения отказов основных узлов и деталей экскаваторов (рисунки 2.2.3, 2.2.4). Данные зависимости свидетельствуют о том, что с ростом доли негабарита наблюдается рост общей продолжительности ремонтных простоев экскаваторов и стоимости устранения поломок как рабочего оборудования, так и сопряженных механизмов, что обусловлено передающимися нагрузками между узлами [218-221].

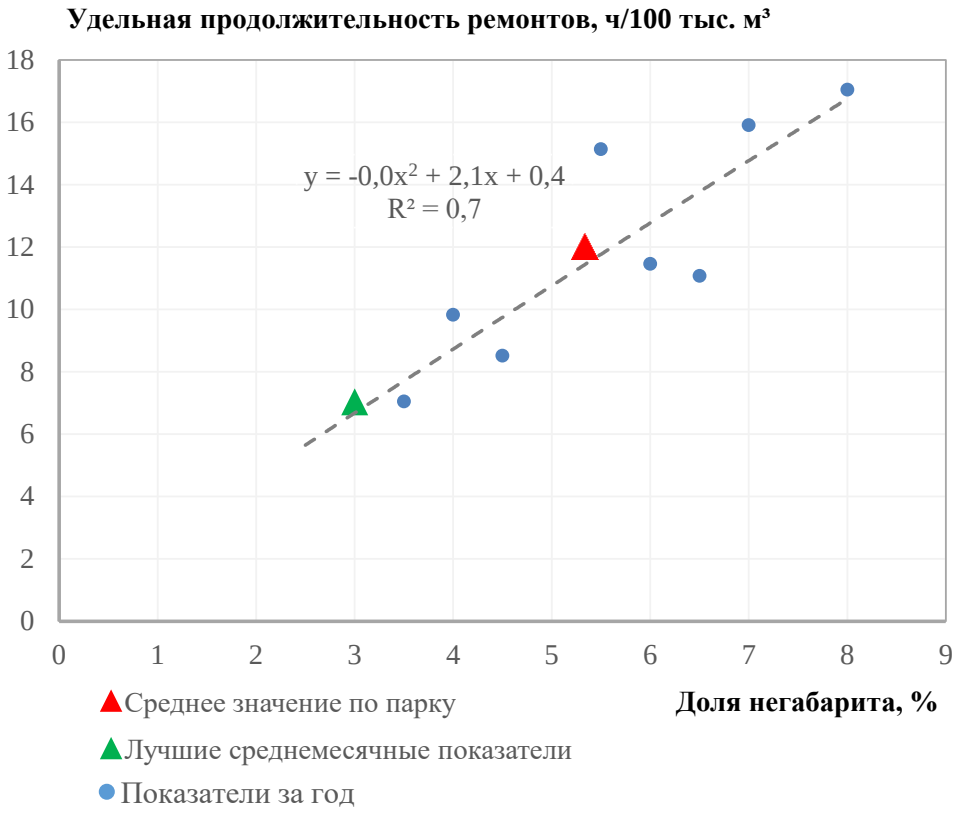


Рисунок 2.2.3 – Изменение удельной продолжительности устранения внезапных отказов экскаваторов ЭКГ-8И и средней доли выхода негабарита во взорванном блоке

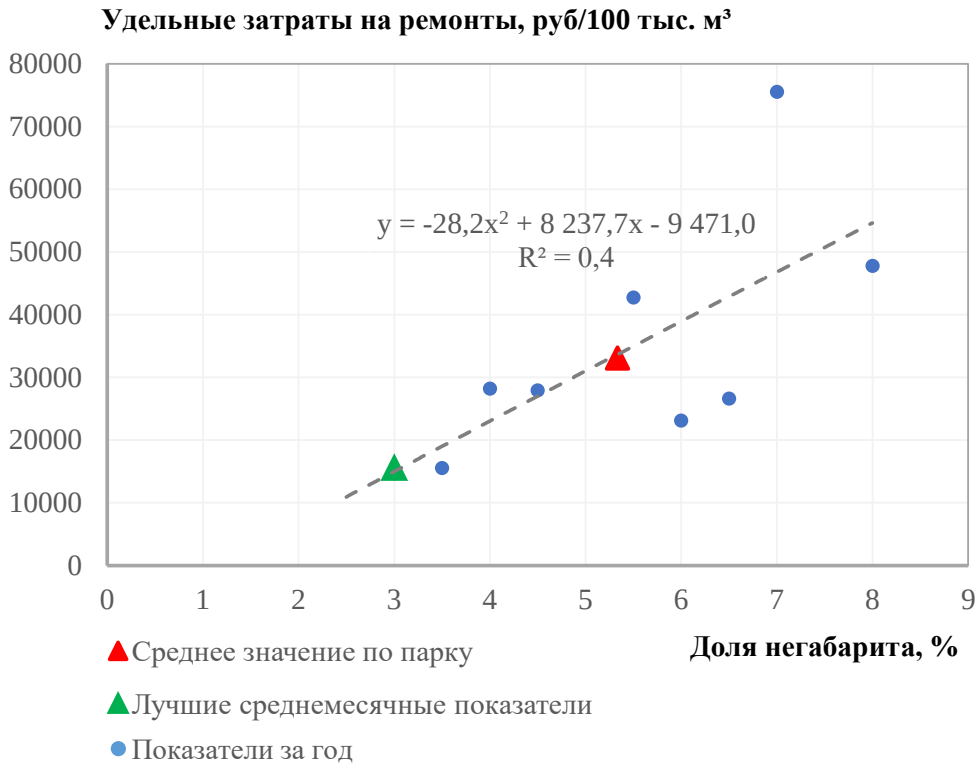


Рисунок 2.2.4 – Изменение удельных затрат на проведение ремонтов экскаваторов и средней доли выхода негабарита во взорванном блоке

Оценка возможностей повышения качества рабочей среды экскаваторов ЭКГ-8И показала, что в условиях Рудоуправления ПАО «Ураласбест» посредством улучшения качества взрывания горной массы возможно в 2,0 раза повысить эксплуатационную производительность этих машин, в 2,5 раза сократить удельное время простоя экскаваторов в ремонте и в 4,0 раза – удельные затраты на ремонтное обслуживание [160].

Аналогичные возможности улучшения показателей работы оборудования посредством изменения параметров рабочей среды зможно представить на примере автосамосвалов БелАЗ-75306 разреза «Черногорский». На рисунке 2.2.5 представлена фактическая зависимость совокупной стоимости владения автосамосвалами БелАЗ-75306 от величины эксплуатационной производительности этих машин.

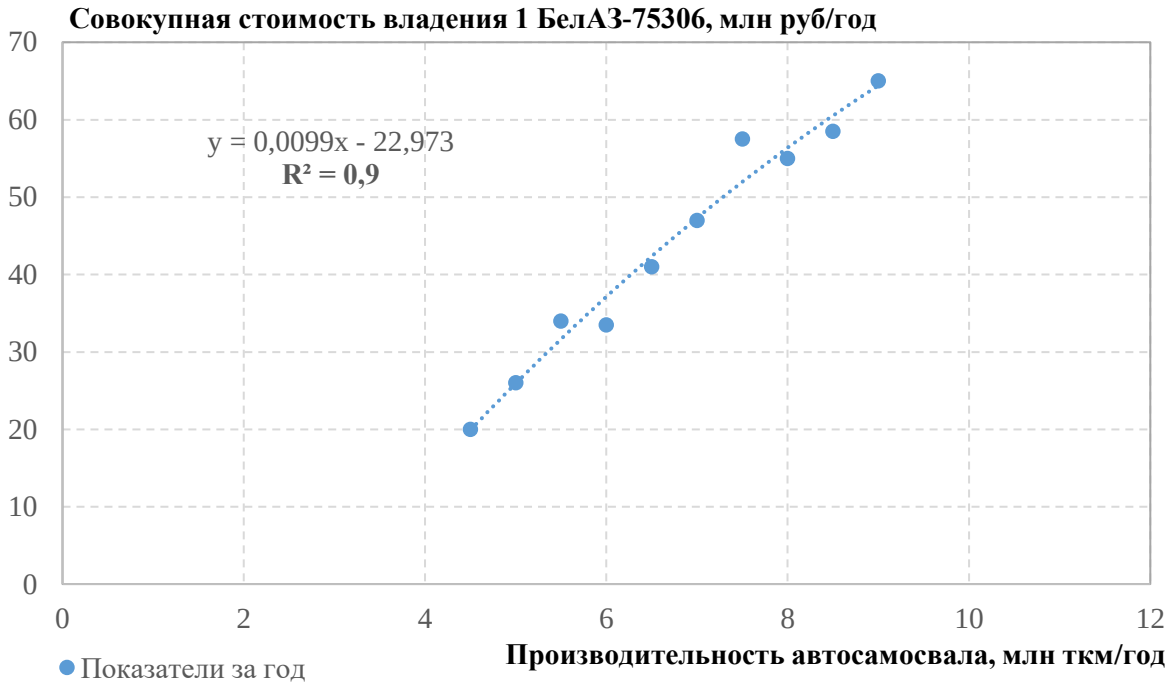


Рисунок 2.2.5 – Зависимость совокупной стоимости владения автосамосвалами БелАЗ-75306 от их годовой производительности за 2014-2020гг.

Определено, что в условиях сохранения качества рабочей среды автосамосвалов повышение производительности этих машин приводит к значительному увеличению стоимости их владения. Исследованиями

подтверждено, что величину стоимости владения автосамосвалами БелАЗ-75306 при повышении их производительности возможно сократить до 40% посредством повышения качества рабочей среды, выраженного величиной удельных затрат на формирование дорожных условий (рисунок 2.2.6).

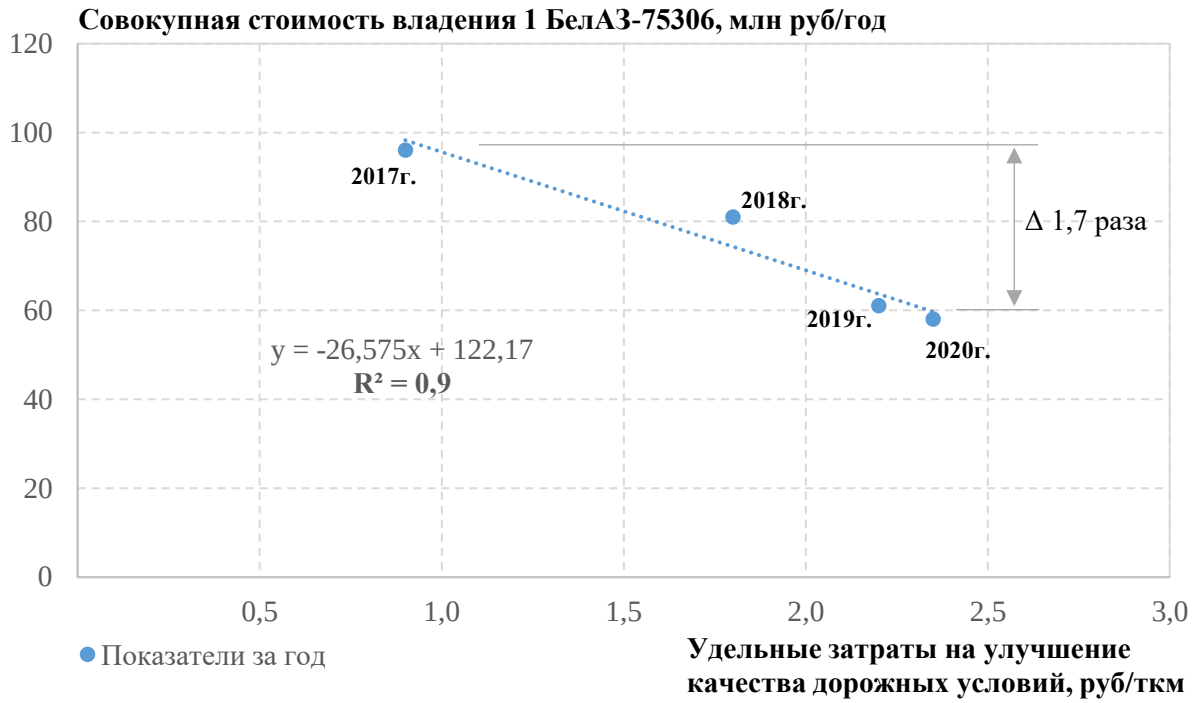


Рисунок 2.2.6 – Зависимость совокупной стоимости владения автосамосвалами БелАЗ-75306 от удельных затрат на формирование дорожных условий за 2017-2020гг.

Ряд факторов, оказывающих влияние на результаты работы оборудования, может иметь сезонный характер, который учитывался при проведении автором корреляционно-регрессионного анализа. К примеру, по гидравлическим экскаваторам Komatsu PC4000 выявлено, что при существенных перепадах температуры, преимущественно в летние и зимние сезоны, ключевое влияние на их состояние оказывают не срок их службы, качество взрывания горной массы или производительность, а скорость изменения температуры окружающей среды за смену (рисунок 2.2.7).

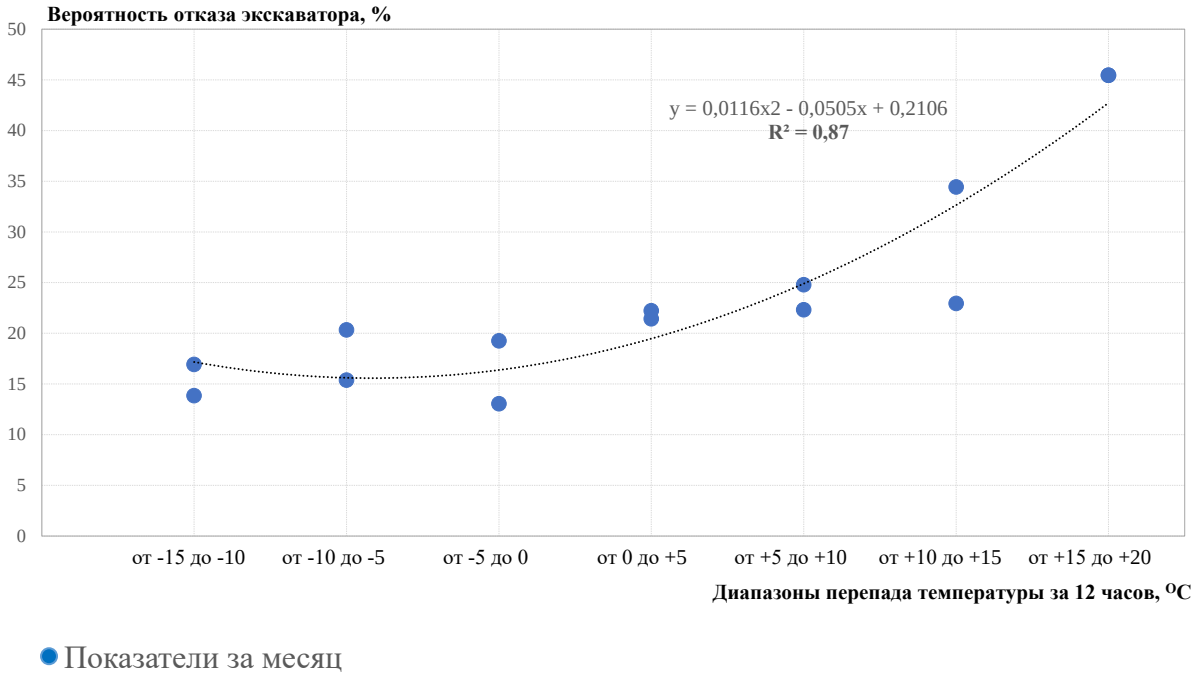


Рисунок 2.2.7 – Влияние величины перепада температуры на вероятность отказа экскаватора Komatsu PC4000

Представленную зависимость целесообразно применять для уменьшения затрат на ремонтное обслуживание оборудования – путем обоснования рациональной его производительности при сезонных изменениях среды. Так, например, для экскаваторов Komatsu PC4000, эксплуатируемых на разрезе «Черногорский», было установлено, что вероятность их выхода из строя можно снизить на 20% путем снижения производительности на 18% в условиях возникновения перепадов температуры в диапазоне от +10 до + 20˚С [1].

При проведении корреляционно-регрессионного анализа факторов, оказывающих влияние на результаты работы оборудования, для снижения величины погрешности измерений также учитывался срок службы оборудования. На рисунках 2.2.8 и 2.2.9 представлены примеры влияния срока службы автосамосвалов БелАЗ-75306, экскаваторов Komatsu PC4000 на совокупную стоимость владения ими. Влияние параметров рабочей среды и других факторов на результаты работы горного оборудования оценивалось с учетом сезонных изменений и срока его службы.

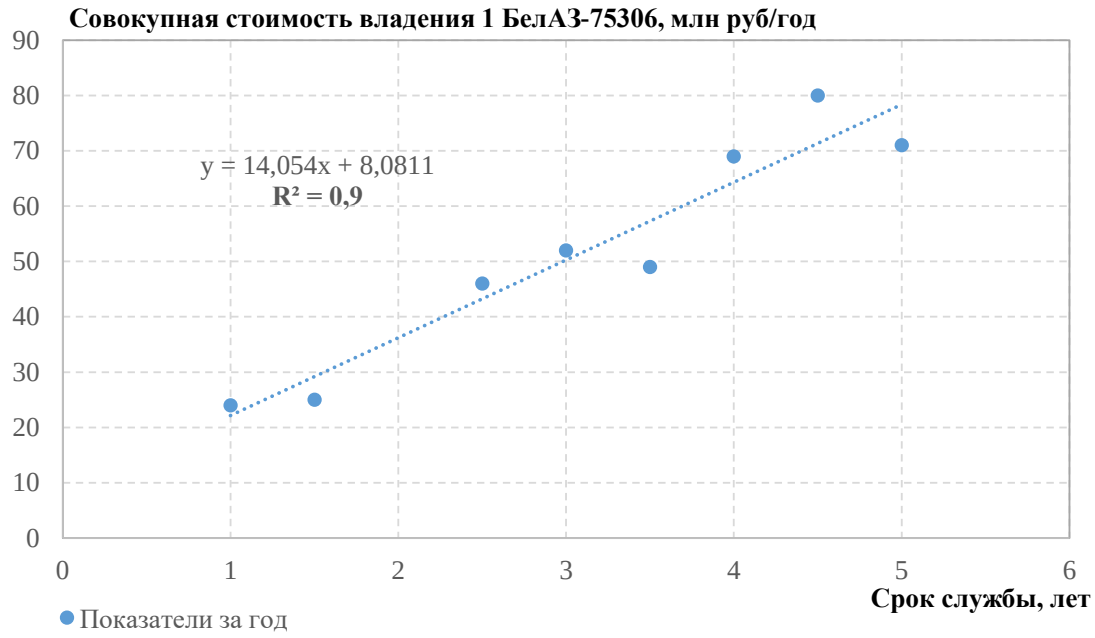


Рисунок 2.2.8 – Зависимость совокупной стоимости владения автосамосвалами БелАЗ-75306 от срока их службы

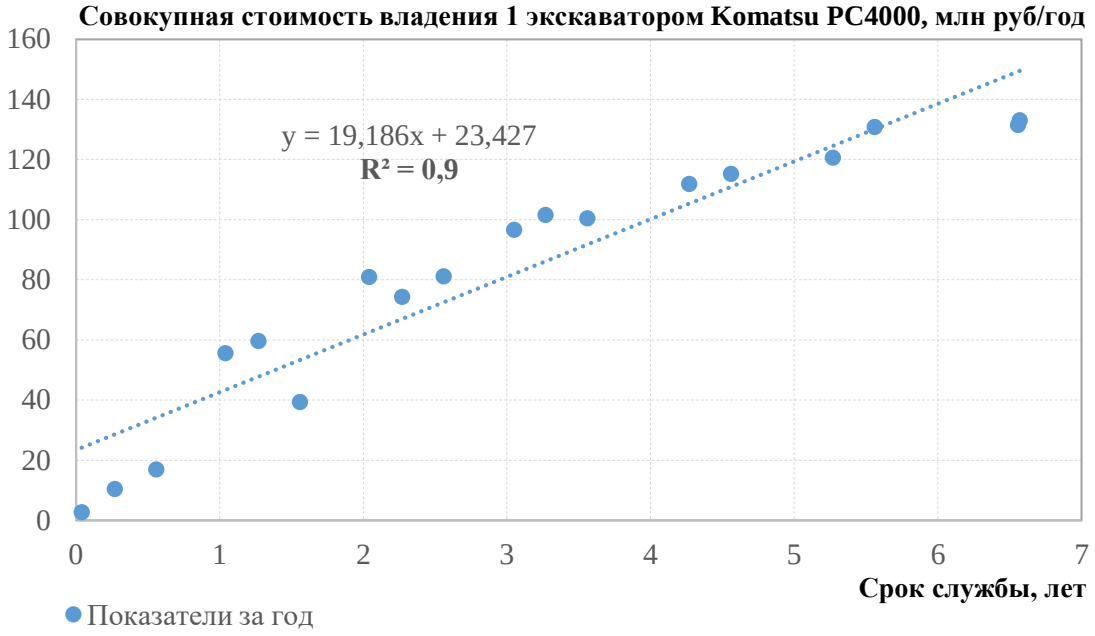


Рисунок 2.2.9 – Зависимость совокупной стоимости владения экскаваторами Komatsu PC4000от срока их службы

Режимы работы оборудования определяются сформированным к нему отношением операторов. Отношение к оборудованию может быть «потребительским», когда персоналом оборудование не воспринимает как источник их заработка и средство формирования благоприятных условий труда. В этом случает оборудование, как правило, работает с пиковыми

нагрузками из-за нарушения правил эксплуатации, и как результат, недоиспользуются его технические возможности и увеличивается количество внезапных отказов [73, 109]. В качестве примера можно рассмотреть результаты оценки влияния величины времени производительной работы водителей автосамосвалов БелАЗ на величину их заработной платы, которая показала, что, несмотря на тесную связь этих показателей (коэффициент аппроксимации более 0,9) около 20% работников находились в области неудовлетворительного и около 60% – в области приемлемого уровня времени производительной их работы в течение месяца. При этом величина их заработной платы могла незначительно отличаться от величины оплаты труда работников, обеспечивающих удовлетворительный уровень времени производительной работы (рисунок 2.2.10).

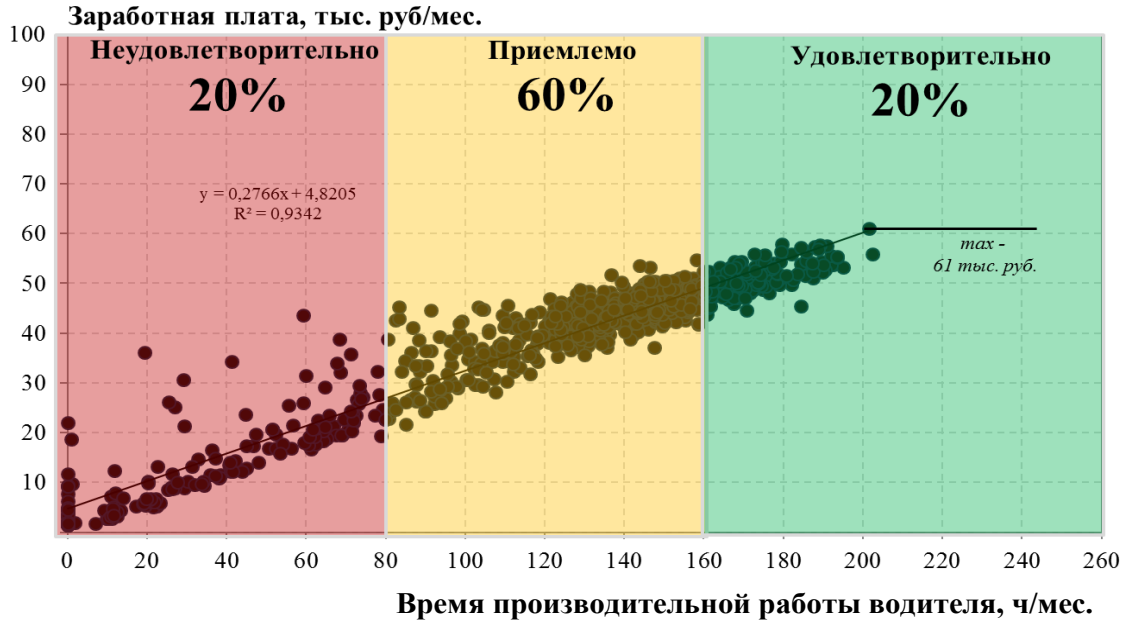


Рисунок 2.2.10 – Зависимость величины заработной платы водителей автосамосвалов БелАЗ-75306 от времени их производительной работы в месяц за январь-декабрь 2015 г.

Анализ системы оплаты труда водителей автосамосвалов БелАЗ показал, что при нахождении этих машин в ремонте водителю оплачивается как тариф, так и премия за выполнение общего плана перевозок по цеху. Это обусловливало заинтересованность у некоторых водителей увеличивать продолжительность нахождения автосамосвала в зоне ремонта.

Противоположным «потребительскому» отношению к оборудованию является «бережное» отношение. В этом случае оборудование преимущественно функционирует без пиковых нагрузок даже при работе в неблагоприятных условиях [73, 109]. Отношение к оборудованию обусловливается организационной структурой, которую создают формированием взаимоотношений работников и институциональной обеспеченности их деятельности. Взаимоотношения работников влияют на качество выполнения ими своих обязанностей и их взаимодействие в процессе решения задач, а институциональная обеспеченность регламентирует правила и требования на основе упорядочивания и разграничения ответственности для достижения целей деятельности. На режимы работы оборудования влияет профессионализм оператора машины, который определяется его мотивацией и квалификацией [222]. Мотивация определяет отношение работника к выполняемой трудовой функции и, как следствие, влияет на ее результаты. Мотивы рассматриваются как индивидуальные ценности и неудовлетворенные потребности, побуждающие работника к достижению определенных целей [222]. Обеспечение мотивации сотрудника к саморазвитию для постоянного прироста у него новых знаний, умений и навыков, их применения в трудовой деятельности является необходимым при решении задачи обеспечения требуемой динамики развития предприятия, поддержание его конкурентоспособности, особенно в условиях высокого темпа технико-технологического перевооружения [222]. Квалификация обеспечивает требуемый уровень выполнения должностных обязанностей. Важно отметить, что для профессионализма оператора внешним условием, формирующим «потребительское» или «бережное» его отношение к оборудованию, является организационная структура. Определено, что в зависимости от сформированных режимов работы горного оборудования его эксплуатационная производительность и надежность могут изменяться в диапазоне до 1,5 раз [73, 107, 222, 223].

Итоговый результат подсистемы организации работы оборудования определяется взаимовлиянием рабочей среды и режимов работы

оборудования. Сбалансированное изменение параметров этих составляющих с учетом природных условий позволяет повышать эксплуатационную производительность оборудования, уменьшать частоту и величину пиковых нагрузок на оборудование.

Ключевыми факторами, влияющими на результаты подсистемы ремонтного обслуживания являются организация и технология процессов обеспечения работоспособности оборудования [73, 107, 215, 217, 224]. В свою очередь эти факторы оказывают существенное влияние на выполняемость графиков постановки оборудования на ремонтное обслуживание, качество передачи информации операторами информации о техническом состоянии оборудования, регламентированность сроков пересменки между взаимодействующими видами оборудования и т.д. Организация ремонтного обслуживания определяет отношение к результатам своего труда персонала подсистемы ремонтного обслуживания. Отношение к результатам своего труда работников этой подсистемы может быть как отрицательным, так и положительным. Отрицательное отношение персонала к результатам своего труда даже при наличии современного рабочего снаряжения и применении передовых технологий ремонта не позволяет обеспечивать эффективную и надежную работу оборудования. Положительное отношение персонала подсистемы ремонтного обслуживания к результатам своего труда проявляется в том, что реализуемые им функции воспринимаются как возможности самореализации, что даже в неподготовленных условиях обеспечивает значительные результаты в части обеспечения работоспособности оборудования. Положительное отношение к своему труду у работников подсистемы ремонтного обслуживания является результатом совершенствования организационной структуры и повышения их профессионализма. Как и в подсистеме организации работы оборудования организационная структура подсистемы его ремонтного обслуживания определяется взаимоотношением работников и институциональной обеспеченностью их деятельности. В основе профессионализма – мотивы и квалификация персонала.

Например, в условиях разреза «Черногорский» было установлено, что принятые сроки постановки карьерных автосамосвалов БелАЗ-75306 на техническое обслуживание (ТО) обусловливали возникновение «переходящих ТО», доля которых в общем количестве проводимых за год ТО составляла 48% [163]. Переходящее техническое обслуживание – это техническое обслуживание автосамосвала, начатое одной бригадой слесарей и завершенное другой. Причинами возникновения переходящих ТО также могут являться: нарушение графиков постановки автосамосвалов БелАЗ в ремонтный бокс, несоблюдение регламентов проведения технического обслуживания, сложившаяся организация процесса планирования ремонтных обслуживаний [163]. Установлено, что в условиях разреза «Черногорский» одно переходящее техническое обслуживание обуславливает в 1,2 раза больше отказов автосамосвалов, чем не переходящее техническое обслуживание. В среднем стоимость устранения отказа автосамосвала обходится предприятию в 200-300 тыс. руб. (по состоянию на 2019-2020гг.). Исследование влияния показателей, характеризующих переходящие технические обслуживания на техническое состояние автосамосвалов, позволило выявить изменение количества отказов автосамосвалов БелАЗ-75306 и доли переходящих технических обслуживаний в 2019 г. (рисунок 2.2.11) [163].

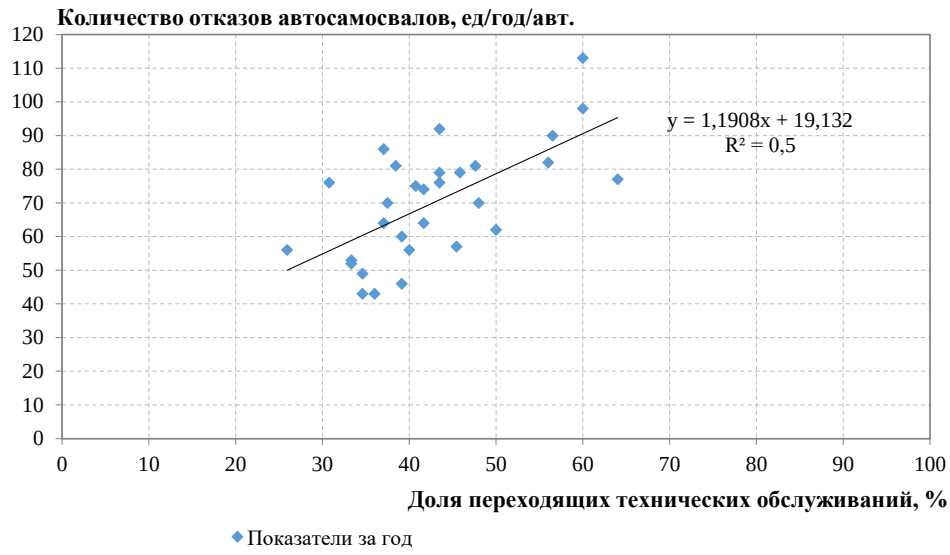


Рисунок 2.2.11 – Изменение количества отказов и доли переходящих технических обслуживаний автосамосвалов БелАЗ-75306 [163]

Анализ позволил определить, что бригада, которая начала техническое обслуживание, во время пересменки, не в полной мере предоставляет информацию о проделанных ремонтных воздействиях бригаде-сменщику. Также происходит «размывание» ответственности за качество проведенного технического обслуживания, обусловливающее снижение качества проведения ТО [160].

На результаты функционирования подсистемы ремонтного обслуживания горного оборудования существенное влияние оказывает квалификация персонала. В зависимости от квалификации персонала качество и сроки проведения ремонтного обслуживания могут изменяться более чем в 1,5 раза [1, 73, 107, 109, 215, 217]. Однако, как показывает практика даже при наличии высокой квалификации у персонала подсистемы ремонтного обслуживания качество выполнения им своих функций может быть очень низким. Так, например, результат исследования заинтересованности слесарей, занятых техническим обслуживанием, в обеспечении требуемого качества своего труда показало следующее. В цехе по ремонту технологического автотранспорта (ЦРТА) разреза «Черногорский» была произведена оценка результатов работы (за период 2013-2018 гг.) бригад слесарей, выполняющих ТО автосамосвалов БелАЗ. За исследуемый период времени в данном цехе применялись 3 подхода к оплате труда бригад слесарей, занятых ТО автосамосвалов: повременно-премиальная система оплаты труда (оплата за часы нахождения работника на рабочем месте); сдельная оплата труда за обеспеченный коэффициент готовности парка автосамосвалов БелАЗ; сдельная оплата труда за количество и качество выполненных операций технического обслуживания. Для каждого подхода к оплате труда производилась оценка доли времени производительной работы слесаря в смене (рисунок 2.2.12) и объема выполненных операций технического обслуживания (рисунок 2.2.13) [2, 225-226].

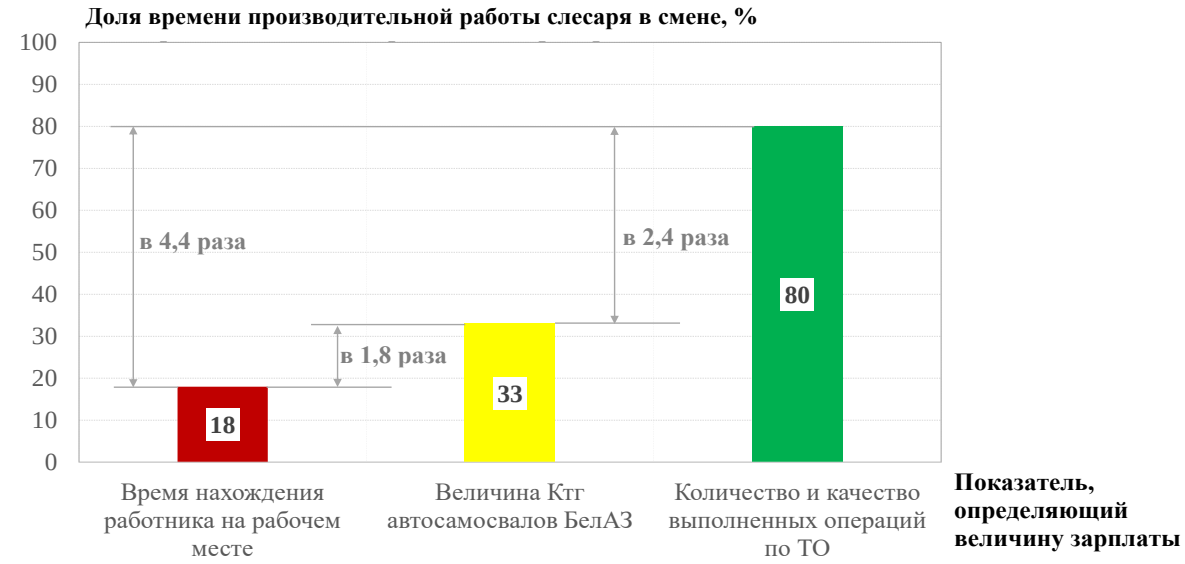


Рисунок 2.2.12 – Сравнение доли времени производительной работы слесаря по техническому обслуживанию при различных показателях, определяющего величину его заработной платы

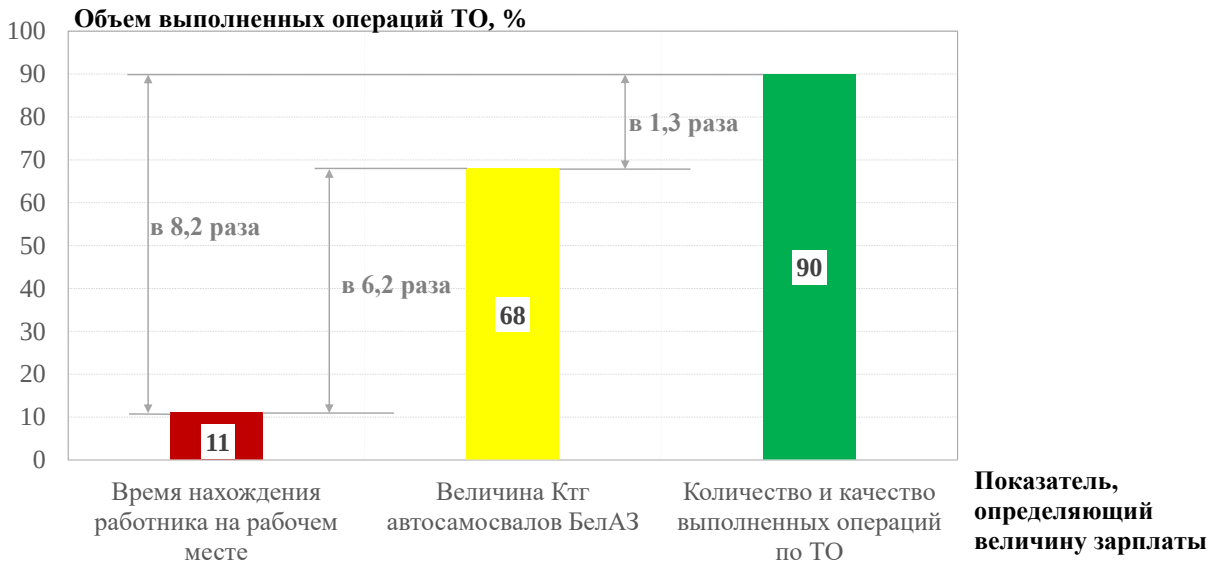


Рисунок 2.2.13 – Сравнение объема выполненных операций слесарем по техническому обслуживанию при различных показателях, определяющего величину его заработной платы

По полученным результатам оценки каждого подхода к оплате труда слесарей был сделан вывод, что наибольшая результативность в части полноты и качества выполнения операций по техническому обслуживанию достигались при сдельной системе оплаты труда, в которой показателями оценки результатов деятельности слесарей являлись качество и количество выполненных операций ТО. При этом доля времени производительной работы

слесарей, выполняющих ТО автосамосвалов, при данном подходе была в 2,4 раза выше, а объем выполнения операций ТО в 1,3 раза выше, чем при оплате их труда за достигнутый коэффициент готовности парка, негативное влияние на который могут оказывать как водители автосамосвалов, так и слесари, занятые проведением текущих ремонтов. При оплате труда слесарей за время нахождения на рабочем месте доля времени их производительной работы и объем выполнения ТО были, соответственно, в 4,4 и 8,2 раза меньше, чем при сдельной оплате труда. Данные соотношения обусловлены тем, что только при сдельной системе оплаты труда обеспечивалась наиболее тесная связь между индивидуальными результатами работы слесарей и уровнем заработной платы, что позволяло им влиять на свой заработок путем повышения качества и количества выполненных операций ТО автосамосвалов.

Технология ремонтного обслуживания, включающая в себя ресурсное обеспечение и методы восстановления работоспособности оборудования, определяет качество выполняемых ремонтных процессов и операций. Ресурсное обеспечение зависит от материального снабжения, которое предопределяет качество приобретаемых запасных частей и других материалов для обеспечения работоспособного состояния оборудования, а также своевременность их приобретения и доставки. Продолжительность простоя горного оборудования из-за ожидания доставки запасных частей может быть более чем в 5 раз дольше, чем работа связанная непосредственно с восстановлением его работоспособности. Ресурсное обеспечение также обусловливает уровень механизации процессов восстановления работоспособности оборудования. В зависимости от уровня механизации трудоемкость процессов и операций может различаться более чем в 5 раз [73, 217].

Значимым для результатов подсистемы ремонтного обслуживания является нематериальная обеспеченность, которая включает в себя регламенты на выполнение операций по восстановлению работоспособности оборудования, описывающие перечень операций, порядок и правила их

выполнения, применяемый инструмент и квалификацию ремонтного персонала. Использование полноценных и современных регламентов позволяет повысить качество процесса восстановления работоспособности оборудования более чем в 1,5 раза и снизить его продолжительность до 1,8 раза [1, 73, 75, 107, 227-229].

Методы обеспечения работоспособности оборудования обусловлены стратегией проведения ремонтов и типом контроля за техническим состоянием оборудования. Выделяют следующие четыре основные стратегии проведения ремонтов оборудования: принудительное (по календарному времени), периодическое (по наработке), послеосмотровое (по техническому состоянию) и реактивное (по факту отказа) восстановление работоспособности оборудования. Тип контроля за техническим состоянием оборудования, по сути, определяет степень влияния подсистемой ремонтного обслуживания на рабочую среду и режимы его работы. Выделяют три типа контроля за техническим состоянием оборудования: опережающий (выявление поломки до стадии ее зарождения), ситуативный (выявление поломки на стадии ее развития) и запаздывающий (отсутствует процесс выявления поломки). Выбор рациональной стратегии проведения ремонтов в зависимости от условий работы горного оборудования и типа контроля за его техническим состоянием позволяют сократить простои оборудования в ремонте до 1,8 раз и затраты на ремонтное обслуживание до 1,3 раза [109, 183, 217].

Итоговый результат функционирования подсистемы ремонтного обслуживания определяется взаимовлиянием организации и технологии ремонтного обслуживания оборудования. Сбалансированное изменение параметров этих составляющих позволяет снизить затраты, повысить качество и оперативность в части восстановления работоспособности оборудования.

Проявление ключевых взаимосвязей системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования представлено на примере оценки возможностей повышения производительности и надежности экскаваторов

разреза «Сибиргинский» (рисунок 2.2.14 а, б) [214, 215, 230, 231]. В качестве интегрального показателя сбалансированности производительности и надежности экскаваторов выбран показатель удельных затрат на ремонтное обслуживание оборудования, определяемый отношением величины затрат на ремонт к величине времени производительной работы этих машин. Определено, что при изменении параметров качества условий работы и ремонтного обслуживания парка экскаваторов диапазоны изменения удельной стоимости ремонтного обслуживания достигают более 4 раз [214, 215, 230, 231].

а) при различных: рабочей среды и режимах работы

		РЕЖИМ РАБОТЫ		
		Хороший	**Удовлетворительный**	**Неудовлетворительный**
РАБОЧАЯ СРЕДА РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ	**Хорошие**	**256 руб/маш.-ч** ЭШ-10/70 №188 **Ек=10 (3,7%)**	**283 руб/маш.-ч** РН-2300 №411 ЭШ-10/70 №445 ЭКГ- 8И №1016 **Ек=34 (12,6%)**	**487 руб/маш.-ч** РН-2300 №499 **Ек=16 (5,9%)**
	Удовлетворительные	**295 руб/маш.-ч** ЭШ-15/90 №88 ЭШ-15/90 №126 **Ек=30 (11,1%)**	**433 руб/маш.-ч** РН-2300 №493. ЭКГ-12 №125 ЭКГ-4У №1312 ЭКГ-4,6 №7530 ЭШ-10/70 №154 **Ек=46,6 (17,2%)**	**745 руб/маш.-ч** ЭШ-15/90 №127 ЭШ-12,5 №70 **Ек=27,5 (10,2%)**
	Неудовлетворительные	**542 руб/маш.-ч** ЭКГ-20 №20 ЭКГ-12,5 №67 ЭКГ-5А №140 **Ек=37,5 (13,8%)**	**797 руб/маш.-ч** РН-2300 №410 ЭКГ- 8И №1350 ЭКГ-4У №217 **Ек=28 (10,4%)**	**1108 руб/маш.-ч** РН-2300 №492 ЭШ-20/90 №42 ЭКГ-5А №12534 **Ек=41 (15,1%)**

Ек – суммарная вместимость ковшей по группе экскаваторов

Рабочая среда: 1. Наличие негабаритов.
2. Ширина рабочей площадки.
3. Угол наклона рабочей площадки.

Режимы эксплуатации: 1. Соблюдение графика плановых ремонтов.
2. Квалификация машинистов экскаватора.

б) при различных организации и технологии ремонтного обслуживания

		ТЕХНОЛОГИЯ		
		Хорошая	Удовлетворительная	Неудовлетворительная
ОРГАНИЗАЦИЯ	Хорошая	147 руб/маш.-ч	173 руб/маш.-ч	206 руб/маш.-ч
	Удовлетворительная	232 руб/маш.-ч	301 руб/маш.-ч	326 руб/маш.-ч
	Неудовлетворительная	367 руб/маш.-ч	433 руб/маш.-ч	516 руб/маш.-ч

Технология: 1. Диагностика неисправностей.
2. Метод ремонта.
3. Обкатка и контроль качества.

Организация: 1. Подготовка рабочего места (оснастка, запасные части).
2. Персональное нормирование, наряд-задание, сетевой план- график.
3. Мотивация и квалификация персонала.

Рисунок 2.2.14 – Величина финансовых затрат на ремонтное обслуживание экскаваторов при различном качестве рабочей среды и режимах их работы, а также технологии и организации ремонтного обслуживания

Обобщение полученных результатов корреляционно-регрессионных анализов с результатами работ авторов, занимающихся формированием и развитием научно-методической базы по развитию системы эксплуатации оборудования (параграф 1.2), позволило определить ключевые взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, влияющие на результат взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования (рисунок 2.2.15). Ключевые взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования обусловливают область значений эксплуатационной производительности оборудования, которая может различаться до 5 раз, и надежности оборудования, – до 3 раз [1].

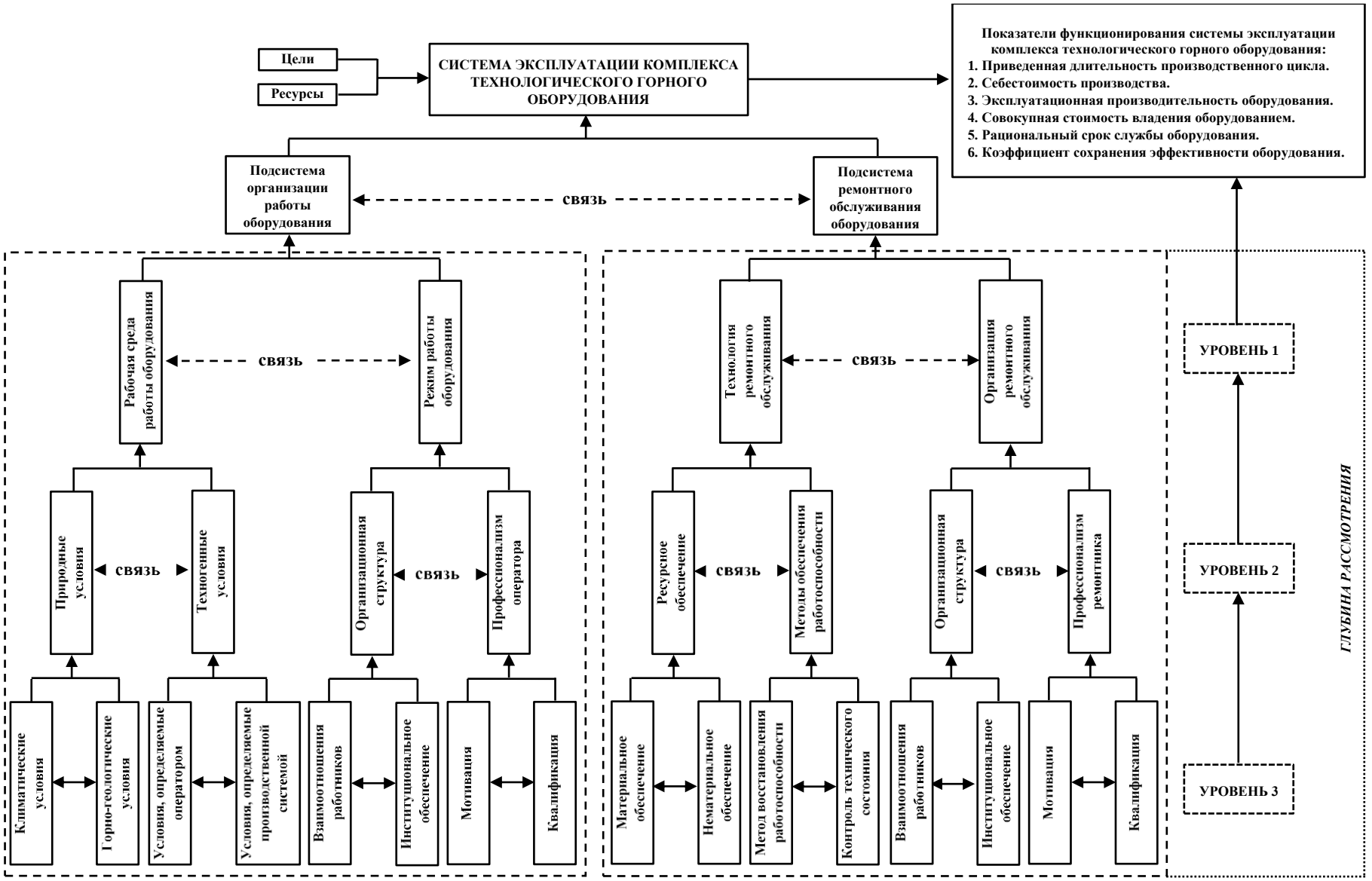


Рисунок 2.2.15 – Взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Таким образом определены ключевые взаимосвязи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обусловливающие существенное изменение значений эксплуатационной производительности оборудования и его надежности: в подсистеме организации работы – взаимосвязи параметров качества рабочей среды и режимов работы оборудования; в подсистеме ремонтного обслуживания – взаимосвязи параметров качества организации и технологии ремонтного обслуживания. Обобщение существующей теории и практики управления процессами эксплуатации технологического горного оборудования на основе изменения параметров взаимосвязей в подсистемах организации его работы и ремонтного обслуживания позволило уточнить их функции. В качестве основной функции подсистемы организации работы горного оборудования предложено считать – формирование и поддержание рабочей среды и режимов работы горного оборудования для выполнения заданных технологических процессов производственного цикла горнодобывающего предприятия. В качестве основной функции подсистемы ремонтного обслуживания горного оборудования предложено считать – формирование и поддержание организации и технологии восстановления ресурса оборудования, а также контроля его работы, обеспечивающих необходимый уровень работоспособности оборудования для выполнения им функций в заданных рабочей среде и режимах работы.

Уточненное понимание функций подсистем позволяет осуществлять более объективную оценку качества их реализации, выявлять закономерности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обусловливаемые совокупным влиянием выделенных ключевых взаимосвязей, а также формировать практические рекомендации по одновременному повышению эксплуатационной производительности и надежности оборудования с приемлемыми затратами.

2.3. Закономерности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Представленные в параграфе 2.2 результаты исследования взаимосвязей в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволили выявить две закономерности, обусловливающие результативность развития и уровень реализации предназначения этой системы. Под закономерностью в данной работе понимается совокупность взаимосвязанных по содержанию законов, предопределяющих устойчивую тенденцию или направленность изменений системы. В общем виде данные закономерности можно сформулировать следующим образом:

1. Эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ограничивается подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции.

2. Организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Проявление выявленных закономерностей на практике при развитии подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования горнодобывающего предприятия можно представить следующими примерами. В качестве примера проявления первой закономерности, заключающейся в том, что эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ограничивается подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции можно рассмотреть результаты исследования факторов, обусловливающих рост количества отказов гидравлических (Komatsu PC4000) и шагающих экскаваторов (ЭШ). В результате проведенного исследования было установлено, что порядка 30% внезапных отказов этих машин связаны с низким качеством их ремонтного обслуживания работниками ремонтно-механического управления (РМУ). Низкое качество ремонтного обслуживания было обусловлено дисбалансом финансовых интересов

работников подсистемы организации работы и подсистемы ремонтного обслуживания экскаваторов, проявляющимся в том, что заработная плата работников РМУ в 1,7-2,5 раза меньше заработной платы машинистов экскаваторов (рисунок 2.3.1).

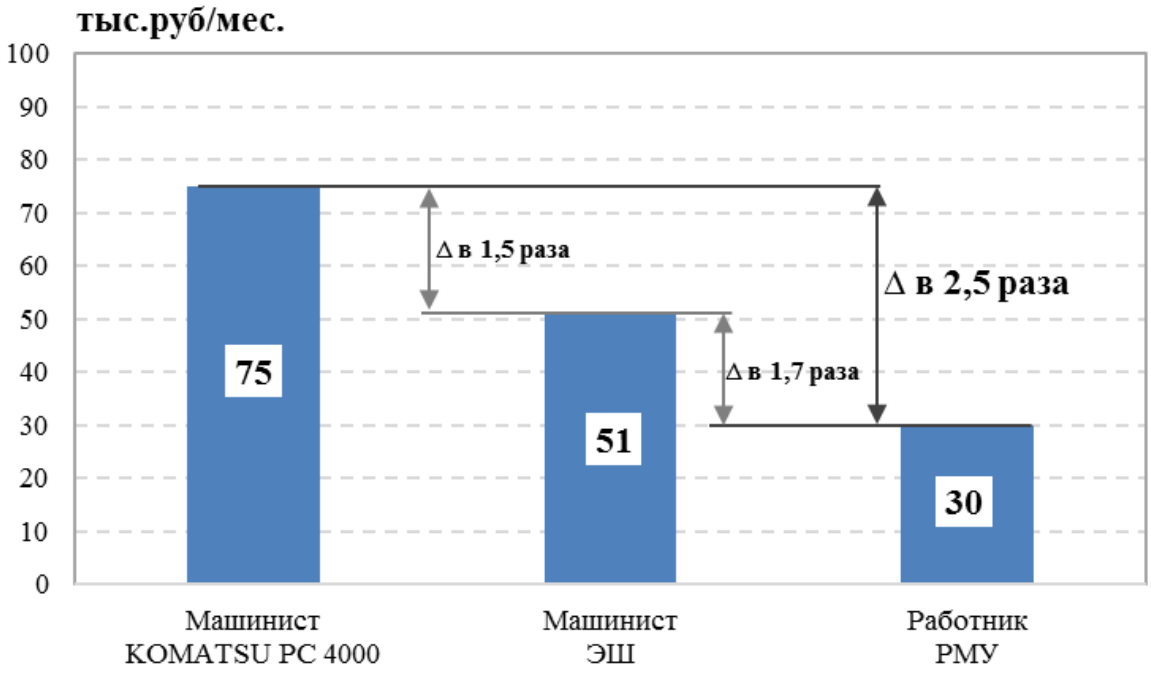


Рисунок 2.3.1 – Соотношение заработной платы операционных работников подсистемы организации работы и подсистемы ремонтного обслуживания экскаваторов на разрезе «Черногорский» в 2017 г.

Следует учитывать, что формальное достижение необходимого баланса финансовых интересов между работниками подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования посредством необоснованного повышения заработной платы сотрудников второй подсистемы или уменьшение заработной платы сотрудников первой подсистемы приведет к социальной напряженности в коллективе этих подразделений, а также к перерасходу ресурсов в системе эксплуатации, т.к. данная задача требует системных изменений в деятельности и во взаимоотношениях персонала. Одним из эффективных способов ее решения является формирование и освоение системы экономических отношений, в соответствии с которой каждое подразделение рассматривается как центр финансовой ответственности, а его руководитель – как распорядитель ресурсов, который

планирует и контролирует эффективность их использования, организует реализацию мероприятий по улучшению производства в своей зоне ответственности [210-212].

Кроме выявленного дисбаланса в размере оплаты труда операционных работников были определены приоритеты системы оплаты труда по основным руководителям высшего и среднего звена в Рудоуправлении ПАО «Ураласбест» и на разрезе «Черногорский». Установлено, что у 80% руководителей размер оплаты труда напрямую связан только с результатами подсистемы организации работы оборудования (таблица 2.3.1). В результате, данные руководители в большей степени заинтересованы только в развитии подсистемы организации работы оборудования без соответствующего развития подсистемы ремонтного обслуживания, что не приводит к росту общей эффективности системы эксплуатации экскаваторов, так как подсистема их ремонтного обслуживания не позволяет осваивать формируемые возможности.

Таблица 2.3.1. Приоритетные показатели оплаты труда работников Рудоуправления ПАО «Ураласбест» и разреза «Черногорский»

Должность	**Показатель, преимущественно определяющий величину заработной платы**	
	Производительность оборудования	Техническое состояние оборудования
Директор	✓	
Заместитель директора по производству	✓	
Главный инженер	✓	
Главный механик		✓
Начальник участка	✓	
Начальник смены	✓	
Линейный механик	✓	
Горный мастер	✓	
Механик		✓
Итого	**≈ 80%**	**≈ 20%**

В качестве второго примера, иллюстрирующего проявление первой закономерности, представлена оценка результатов совмещения операций технического обслуживания экскаваторов с ремонтами линий электропередач (ЛЭП) на карьере ПАО «Ураласбест». Данное организационное решение было реализовано с целью сокращения общей продолжительности простоев экскаваторов по причинам отсутствия электроэнергии при ремонте линий электропередач и необходимости выполнения технических обслуживаний этих машин. Однако впоследствии было установлено, что при совмещении ТО экскаваторов с ремонтом ЛЭП возросло количество отказов этих машин в цикле от ТО до ТО в 1,3 раза по сравнению с ТО, не совмещенными с ремонтом ЛЭП.

В ходе выполненного анализа данных по проведенным ТО экскаваторов и ремонтам ЛЭП было установлено, что в среднем около 50% ТО совмещаются с ремонтами линий электропередач. Выявление причин увеличения количества отказов при совмещении ТО экскаваторов с ремонтом ЛЭП позволило установить, что совмещение приводит к отсутствию возможности у специалистов ремонтного электро-механического цеха (РЭМЦ) проверить в рабочем режиме техническое состояние ряда механизмов, узлов и агрегатов из-за отключения электроэнергии. Оценка доли совмещенных ТО экскаваторов с ремонтами ЛЭП позволила выделить 3 диапазона совмещения с шагом в 30%. Установлено, что с увеличением доли ТО экскаваторов, совмещенных с ремонтами ЛЭП от диапазона 10-40% до 40-70% происходит рост среднего количества отказов экскаваторов в цикле от ТО до ТО в 1,8 раза, а при увеличении до диапазона 70-100% – увеличение среднего количества отказов достигает 2,8 раза (рисунок 2.3.2). При этом наибольшее количество из исследуемых экскаваторов (10 ед.) находятся в диапазоне доли ТО, совмещенных с ремонтами ЛЭП, – 40-70% и составляет от общего количества 60%.

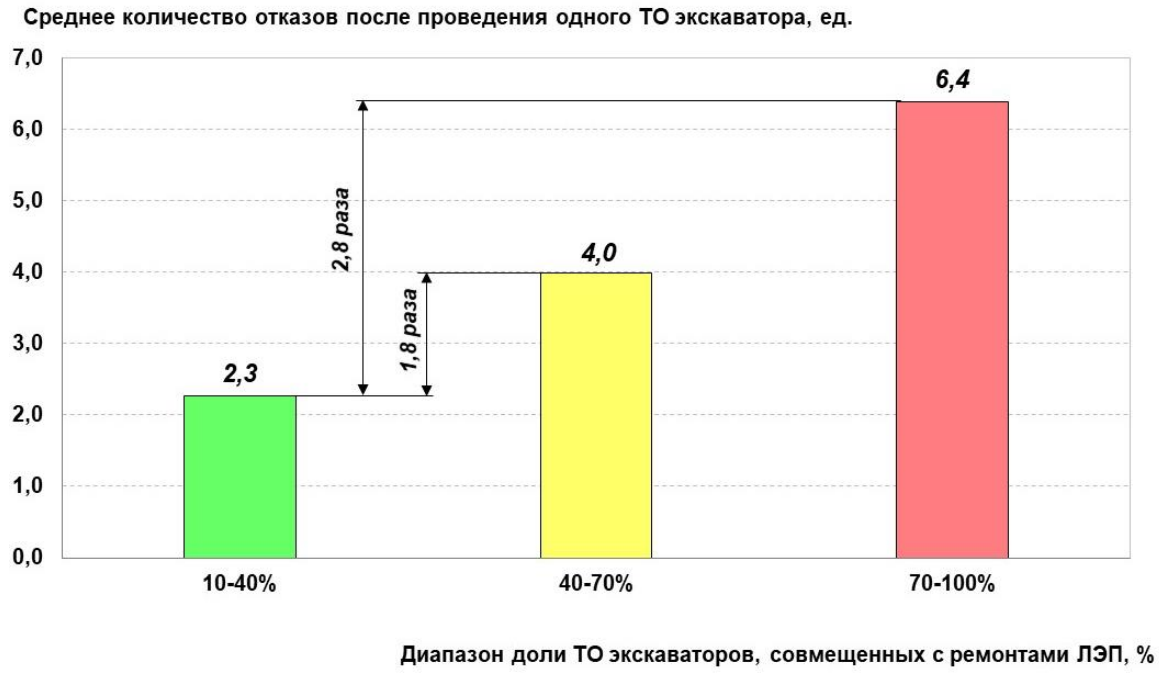


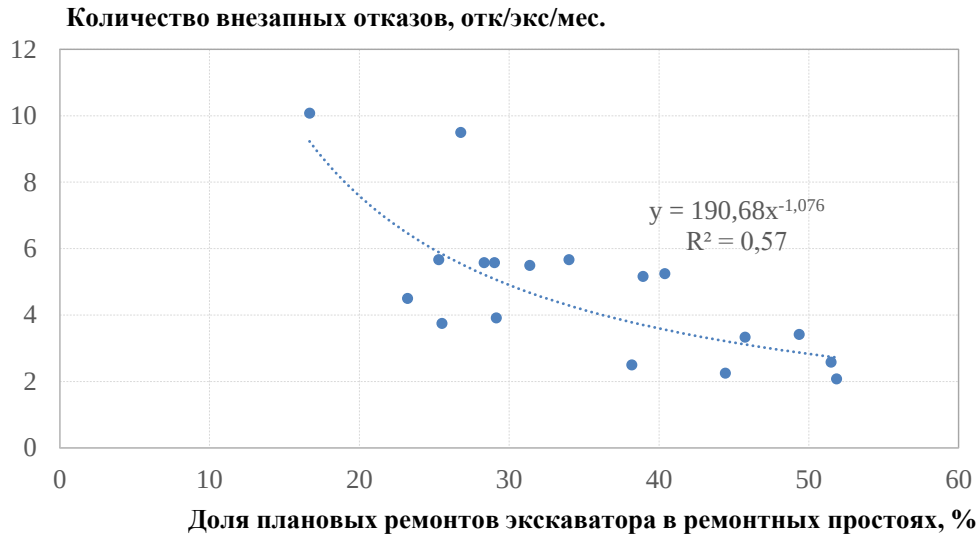
Рисунок 2.3.2 – Среднее количество отказов экскаваторов в цикле от ТО до ТО в зависимости от доли их ТО, совмещенных с ремонтами ЛЭП

Расчетным путем определено, что высвобожденное время при совмещении ТО экскаваторов с ремонтами ЛЭП составило 1427 ч за период январь-сентябрь 2020 г. При этом увеличение количества отказов, обусловленное совмещением ТО экскаваторов с ремонтами ЛЭП, привело к потерям времени на их устранение равным 2404 ч за тот же период времени.

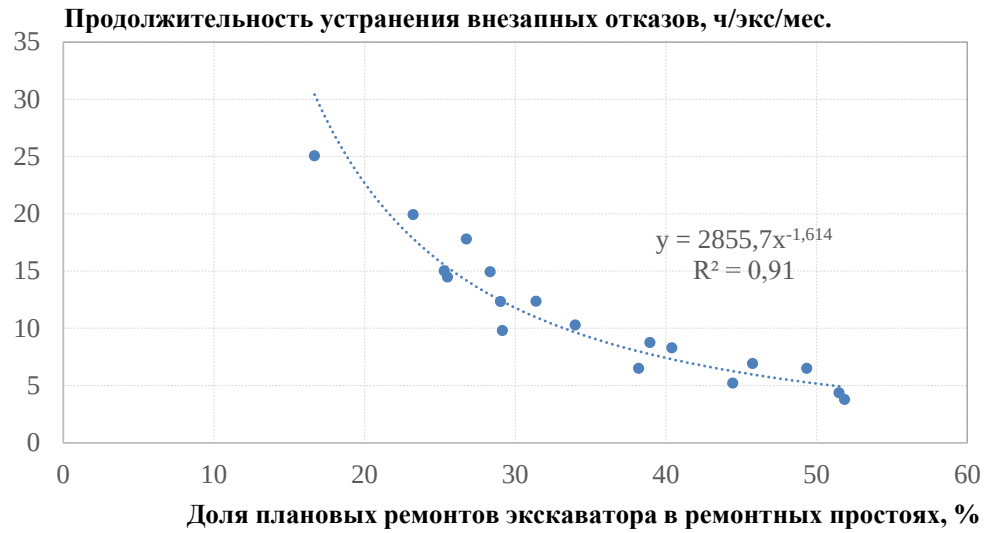
Первую закономерность также иллюстрирует пример исследования связи продолжительности простоев экскаваторов ЭКГ-8И на ремонте от времени их производительной работы, произведенного на одном из отечественных горнодобывающих предприятий. В результате произведенного исследования было установлено, что продолжительность ремонтных простоев на один экскаватор в месяц существенно возрастает с увеличением времени производительной работы этих машин, что подтверждается выявленной зависимостью (см. рисунок 2.2.2). Из выявленной зависимости установлено, что увеличение времени производительной работы экскаваторов в условиях рассматриваемого предприятия при сложившейся тенденции роста продолжительности устранения их отказов возможно только до уровня 495 маш-ч/мес. Сохранение данной тенденции не позволяло достичь целевого уровня времени производительной работы экскаваторов, равного 550

маш-ч/мес. по причине значительной продолжительности устранения внезапных отказов, а также приводило к увеличению себестоимости процесса экскавации горной массы. Для выявления возможностей изменения сложившейся тенденции роста продолжительности ремонтных простоев при увеличении времени производительной работы экскаваторов был проведен анализ количества плановых и внеплановых ремонтов механических и электрических систем экскаваторов, а также продолжительности их выполнения. На основе анализа было выявлено изменение количества внезапных отказов экскаваторов, продолжительности их устранения, а также общей продолжительности простоев на ремонте этих машин при изменении доли плановых ремонтов в общей продолжительности ремонтных простоев (рисунок 2.3.3 а, б, в).

а)



б)



в)

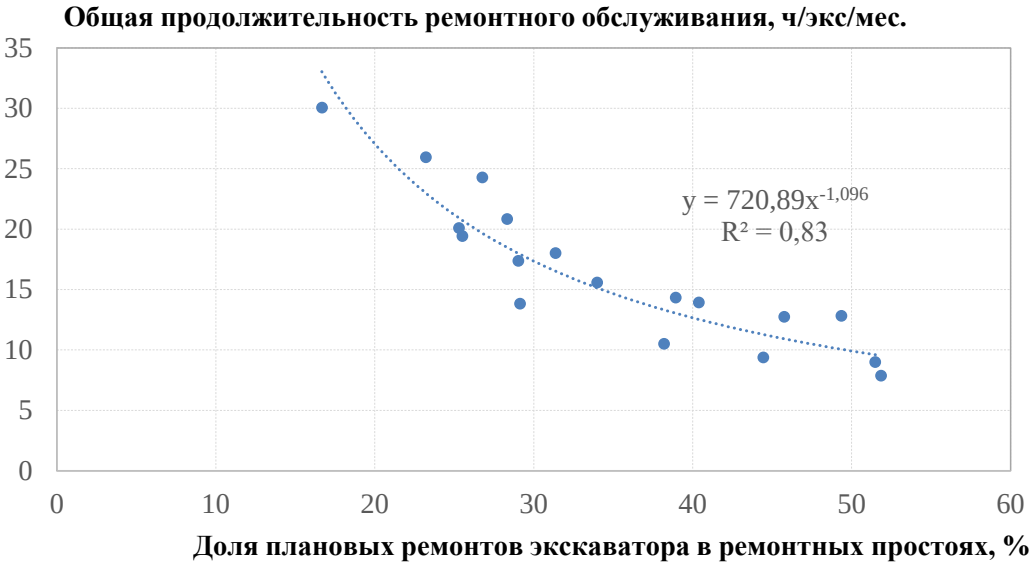


Рисунок 2.3.3 – Значение показателей технического состояния экскаваторов при изменении доли продолжительности плановых ремонтов: а) количества внезапных отказов, б) продолжительности устранения внезапных отказов, в) общей продолжительности ремонтного обслуживания

В условиях рассматриваемого горнодобывающего предприятия проявление первой закономерности приводило к тому, что повышение производительности экскаваторов, за счет сокращения продолжительности простоя в ремонте путем ухода от системы планово-предупредительного ремонта к ремонтам по факту поломки, обусловливало снижение общей эффективности системы эксплуатации в результате увеличения количества внезапных отказов деталей, узлов и агрегатов этих машин.

Следующим примером первой закономерности являются результаты проведенного анализа показателей работы парка экскаваторов Рудоуправления и автосамосвалов автотранспортного предприятия ПАО «Ураласбест» за период январь 2019 – февраль 2020 гг. Выявлено, что в первый час смены, по отношению к последующим часам, происходило от 2,2 до 26,4 раз больше отказов экскаваторов из-за возникновения внезапных отказов по следующим причинам:

– замена троса механизма открывания днища ковша (ОДК) (рисунок 2.3.4);

– протяжка/замена болтов крепления соединения рукояти с ковшом (рисунок 2.3.5).

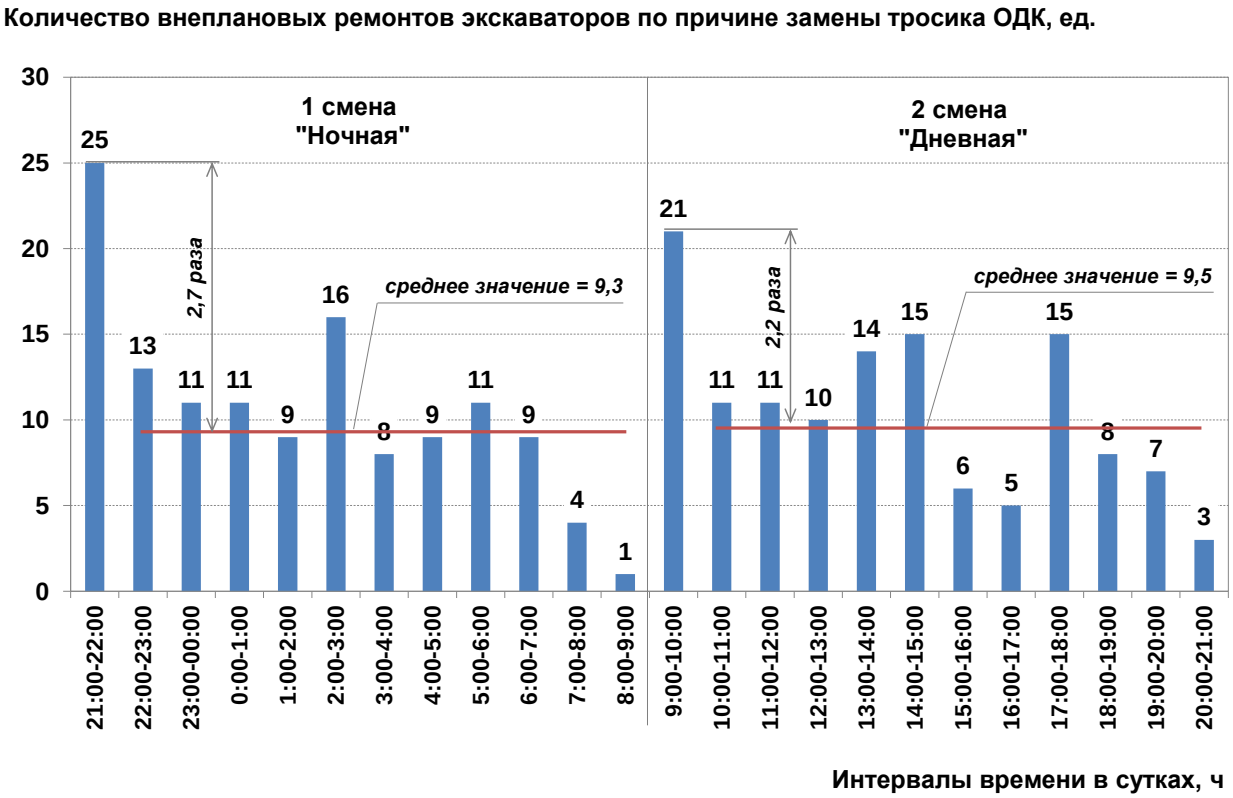


Рисунок 2.3.4 – Распределение внеплановых ремонтов экскаваторов по причине замены троса ОДК по часам в дневной и ночной смене

Рисунок 2.3.5 – Распределение внеплановых ремонтов экскаваторов по причине протяжки/замены болтов крепления соединения рукояти с ковшом по часам в дневной и ночной смене

В результате того, что данные виды отказов происходят преимущественно в первый час смены, существенно нарушается ритмичность работы автосамосвалов из-за необходимости их перестановки под исправные экскаваторы в первый час смены, а впоследствии – перестановки под экскаваторы, вновь запущенные в работу. Это подтверждается выявленным графиком изменения продолжительности простоев автосамосвалов и доли работ по протяжке/замене болтов крепления соединения рукояти с ковшом и замене троса ОДК, пришедшихся на первый час работы в смене (рисунок 2.3.6). Установленная зависимость подтверждает, что увеличение доли простоев экскаваторов, приходящихся на первый час работы в смене, приводило к росту продолжительности простоев автосамосвалов до 1,6 раза.

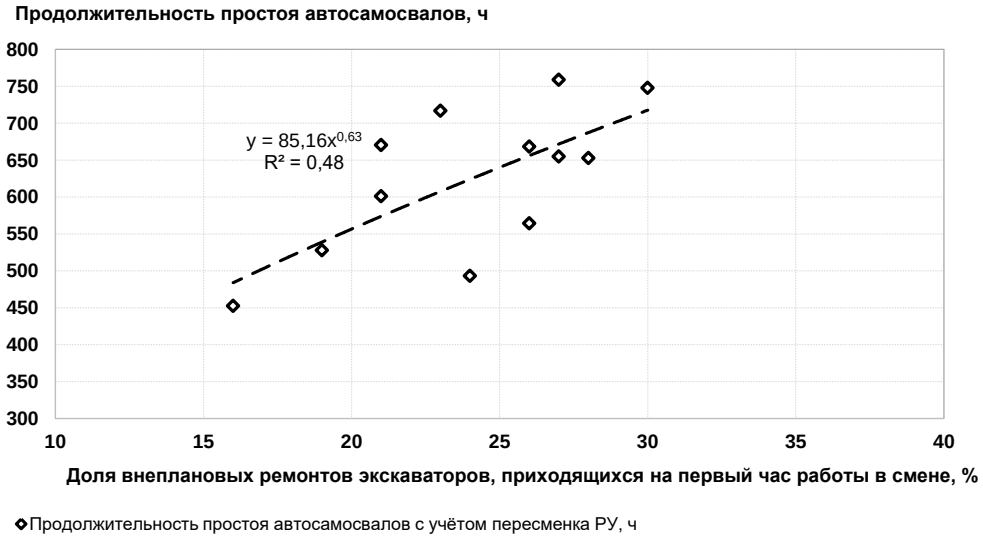


Рисунок 2.3.6 – График изменения продолжительности простоя автосамосвалов и доли внеплановых ремонтов экскаваторов, приходящихся на первый час работы в смене

Проявление второй закономерности продемонстрировано на примере оценки качества ремонтов экскаваторов разреза «Черногорский». В результате оценки было установлено отсутствие заинтересованности у персонала подсистемы организации работы в обеспечении своевременности выполнения плановых ремонтов экскаваторов. В среднем в 2018 г. своевременность выполнения плановых ремонтов экскаваторов не превышала 40%. Исследование влияния показателя своевременности выполнения ремонтов на показатели работы экскаваторов позволило выявить изменение эксплуатационной производительности и удельной стоимости ремонтного

обслуживания от доли своевременно выполненных ремонтов этих машин (рисунки 2.3.7 и 2.3.8). Данные графики демонстрируют, что обеспечение востребованности подсистемы организации работы оборудования в своевременном выполнении ремонтов позволяет повышать производительность работы парка экскаваторов и сокращать удельные затраты на его ремонтное обслуживание.

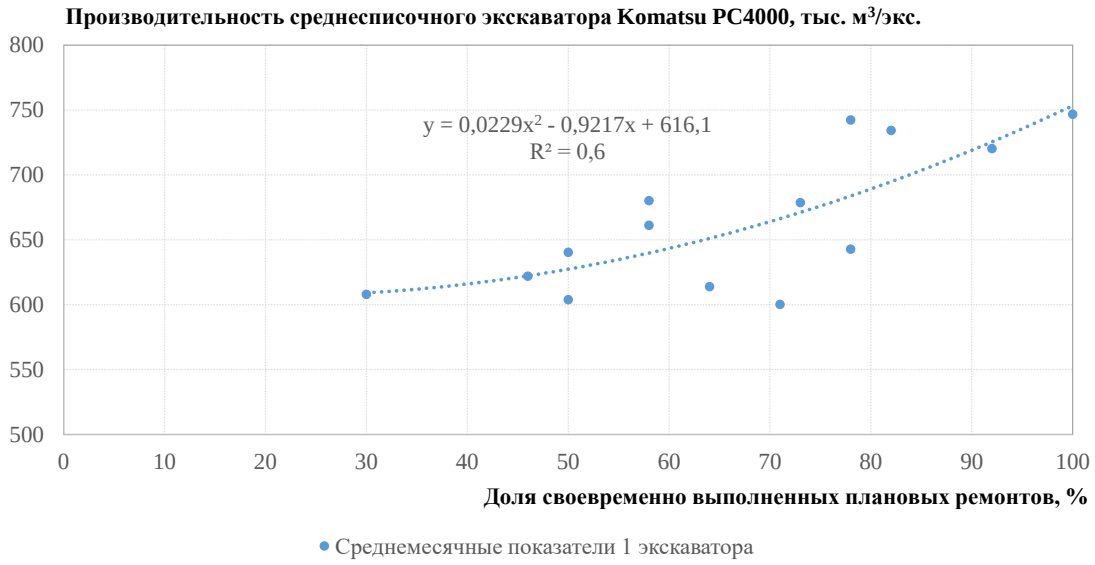


Рисунок 2.3.7 – График изменения эксплуатационной производительности Komatsu PC4000 и доли своевременно выполненных ремонтов

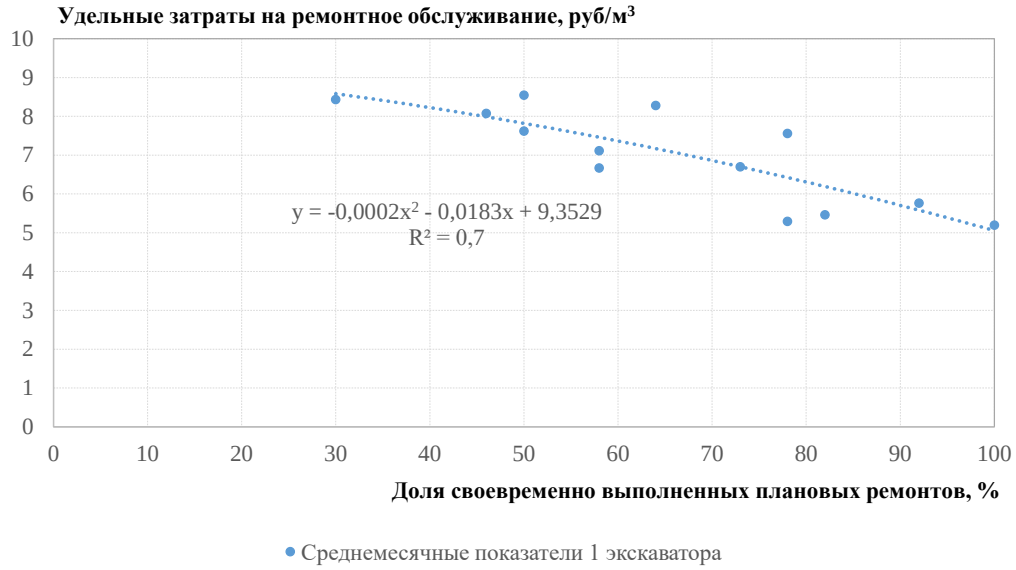


Рисунок 2.3.8 – График изменения удельных затрат на ремонтное обслуживание Komatsu PC4000 и доли своевременно выполненных ремонтов

На основе выявленных графиков были обоснованы решения, позволившие за период январь-май 2019 г. увеличить своевременность

выполнения ремонтов в 1,3 раза по сравнению с 2018 г. и в 1,5 раза – за период июнь-октябрь 2019 г. Итоговое увеличение показателя своевременности выполнения плановых ремонтов составило около 2 раз, что обеспечило увеличение производительности этих машин в 1,1 раза и сокращение удельных затрат на их ремонтное обслуживание в 1,2 раза [163].

Также примером, когда организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, являются результаты развития подсистемы ремонтного обслуживания автосамосвалов БелАЗ на разрезе «Черногорский» в период 2015-2018 гг. Реализуемые в данный период улучшения были направлены на повышение коэффициента готовности ($К_Г$) карьерных автосамосвалов для повышения общей результативности системы эксплуатации этих машин. В результате за четырехлетний период коэффициент готовности карьерных автосамосвалов был повышен с 0,77 до 0,88, при максимальном расчетном его уровне 0,92 (рисунок 2.3.9).

Рисунок 2.3.9 – Значение $К_Г$ автосамосвалов БелАЗ на разрезе «Черногорский»

При этом в период 2015-2016 гг. не были учтены возможности подсистемы организации работы автосамосвалов для освоения возможностей повышения $К_Г$, что привело к увеличению удельных затрат на ремонтное обслуживание этих машин в 2,3 раза. Это было связано с тем, что

высвобожденное время оборудования для работы не использовалось подсистемой организации его работы. Впоследствии развитие обеих подсистем осуществлялось сбалансированно, что позволило при дальнейшем росте $К_Г$ обеспечить снижение удельных затрат на ремонтное обслуживание автосамосвалов в 1,5 раза (рисунок 2.3.10) [232].

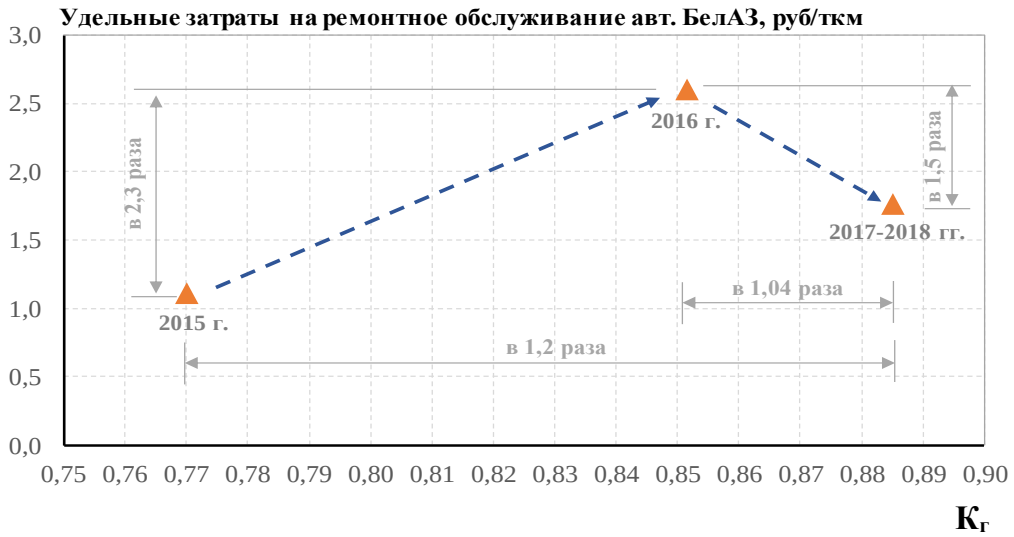


Рисунок 2.3.10 – Удельные затраты на ремонтное обслуживание и коэффициент готовности автосамосвалов БелАЗ разреза «Черногорский» за период 2015-2018 гг.

Также вторую закономерность можно продемонстрировать на примере результатов развития взаимодействия между операционным персоналом подсистемы организации работы и подсистемы ремонтного обслуживания автосамосвалов БелАЗ на разрезе «Черногорский» в 2019 г. В рамках данной работы было установлено, что в 2019 г. около 55% всех проводимых технических обслуживаний автосамосвалов БелАЗ сопровождались попутным проведением ремонтов этих машин с учетом их фактического состояния. При этом выявлено, что поскольку водители не были заинтересованы в длительном простое в зоне ремонта в свою смену, они не предоставляли заблаговременно информацию об обнаруженных неисправностях машины во время ее функционирования. Это, в свою очередь, приводило к тому, что большая часть неисправностей устранялась в неподготовленном режиме, и это увеличивало продолжительность ремонтного обслуживания и снижало его качество. Анализ более 800 актов по проведенным ТО парка автосамосвалов БелАЗ

позволил установить, что в условиях неподготовленности персонала ремонтной службы к ремонту, из-за отсутствия информации о техническом состоянии автосамосвалов среднее количество их отказов в цикле от ТО до ТО увеличивалось в среднем в 1,3-1,4 раза (рисунок 2.3.11).

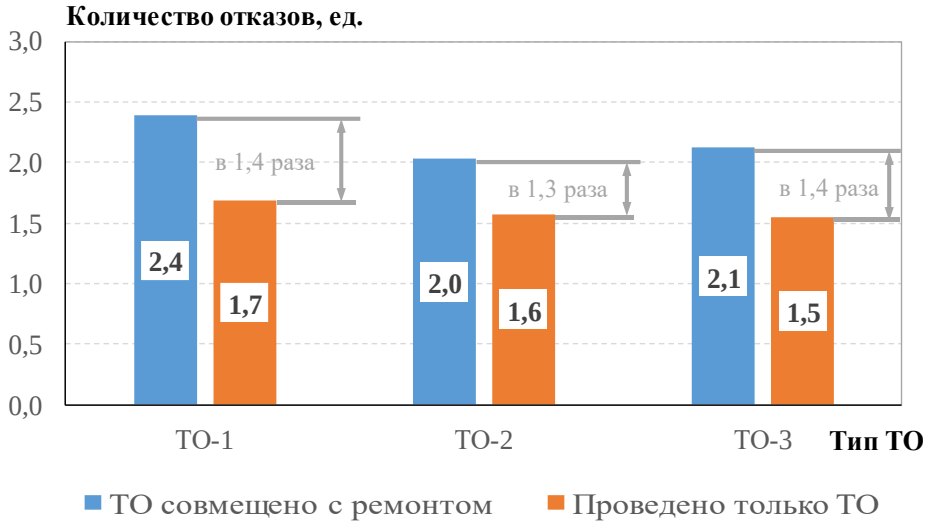


Рисунок 2.3.11 – Среднее количество отказов, возникающих между ТО, совмещенных и не совмещенных с ремонтом

С целью обеспечения заблаговременного информирования водителями автосамосвалов слесарей о техническом состоянии эксплуатируемого оборудования были обоснованы управленческие решения, направленные на разработку регламента информирования (Приложение Б): формы оперативного учета водителями автосамосвалов технического состояния этих машин, закрепление материальной ответственности бригадиров-водителей автосамосвалов за обеспечение своевременности и полноты предоставления форм учета начальнику службы материального снабжения и механикам ЦРТА. В результате было обеспечено взаимодополнение подсистем организации работы и подсистемы ремонтного обслуживания этих машин в части информирования о возможных отклонениях в техническом состоянии автосамосвалов. Это позволило повысить качество планирования и выполнения ремонтов в результате чего произошло сокращение удельного количества отказов автосамосвалов в 1,2 раза [163].

Исследование и обобщение причинно-следственных связей, обусловленных каждой выявленной закономерностью функционирования

системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, позволили определить, что первая закономерность проявляется в условиях нетождественности сформированных в подсистемах возможностей для достижения требуемых целей деятельности предприятия, что является результатом их недостаточного взаимосоответствия. Взаимосоответствие в развитии подсистем обеспечивается формированием возможностей для достижения рационального соотношения параметров качества условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, не приводящего, с одной стороны, к повышенным рискам отказов оборудования, а с другой – к перерасходу ресурсов на обеспечение его работоспособности. Условием проявления второй закономерности является способность подсистем осваивать сформированные возможности для совместного достижения требуемых целей деятельности предприятия. Взаимодополнение подсистем достигается формированием в них специфических функций.

Выводы по 2 главе

1. В результате проведенного исследования выявлено, что за последние 60 лет отечественные горнодобывающие предприятия в связи с меняющимися экономическими требованиями к производственной деятельности для обеспечения рентабельности производства четыре раза осуществили трансформацию цели своей деятельности. Целью на различных этапах развития стали: «Увеличение объемов производства в стабильных экономических условиях», «Сохранение существования предприятий», «Генерирование прибыли на основе удовлетворения потребностей на внутреннем конкурентном рынке страны» и «Генерирование прибыли на основе удовлетворения потребностей мирового сообщества». В соответствии с меняющимися целями на горнодобывающих предприятиях осуществлялись значительные изменения в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

2. Производимые изменения в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования не привели к существенному повышению эффективности производства, поскольку сохранились прежние

ее характеристики в результате отсутствия должного изменения структуры этой системы. В результате этого качество реализации функций подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования остается на неудовлетворительном уровне. Определено, что для повышения качества реализации функций подсистем необходимо преобразование структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования посредством декомпозиции цели предприятия на задачи ее подсистем, конкретизации и разграничения полномочий и ответственности подсистем, а также обеспечения взаимовыгодного их сотрудничества для достижения актуальной цели предприятия.

3. Обосновано, что в качестве ведущего ограничения, сдерживающего необходимые преобразования структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, является неудовлетворительная адаптивность этой системы к меняющимся требованиям. Для повышения адаптивности этой системы требуется освоение проактивно-развиваемой структуры. Переход к проактивно-развиваемой структуре достигается организацией деятельности подсистем, включающей в себя поиск новых возможностей развития системы эксплуатации оборудования, разработку или выбор необходимых решений, опробование и корректировку решений, их освоение и закрепление на всех уровнях управления.

4. Определено, что в подсистеме организации работы оборудования ключевое влияние на изменение значений основных технико-экономических показателей комплекса – эксплуатационной производительности и надежности оборудования – оказывают взаимосвязи параметров качества рабочей среды и режимов работы оборудования, а в подсистеме ремонтного обслуживания – взаимосвязи параметров качества организации и технологии ремонтного обслуживания. В совокупности эти взаимосвязи обусловливают различие значений эксплуатационной производительности оборудования до 5 раз и его надежности до 3 раз.

5. Обобщение существующей теории и практики управления процессами эксплуатации технологического горного оборудования и исследования автора

позволили уточнить функции подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования. Под функцией подсистемы организации работы горного оборудования предложено считать – формирование и поддержание рабочей среды и режимов работы горного оборудования для выполнения заданных технологических процессов производственного цикла горнодобывающего предприятия. Под функцией подсистемы ремонтного обслуживания горного оборудования предложено считать – формирование и поддержание организации и технологии восстановления ресурса оборудования, а также контроля его работы, обеспечивающих необходимый уровень работоспособности оборудования для выполнения им функций в заданных рабочей среде и режимах работы.

Уточненное понимание функций подсистем позволяет осуществлять более объективную оценку качества их реализации, выявлять закономерности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обусловливаемые совокупным влиянием выделенных ключевых взаимосвязей.

6. В результате исследования взаимосвязей параметров системы эксплуатации оборудования технологического комплекса и характеристик производственного цикла выявлены две закономерности функционирования системы эксплуатации технологического комплекса. В общем виде эти закономерности формулируются следующим образом:

– эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ограничивается подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции;

– организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Изучение условий и результатов проявления выявленных закономерностей является необходимым условием для разработки концепции развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

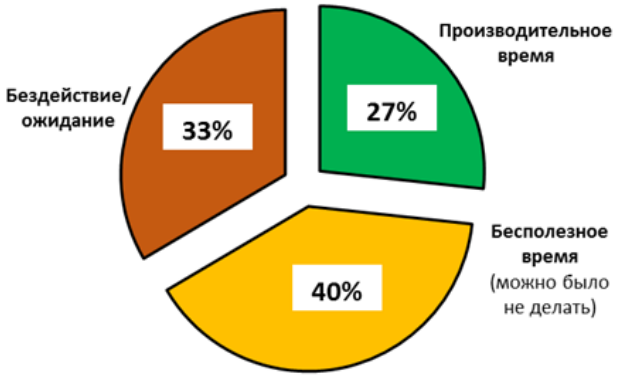
Глава 3. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1. Проблемы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

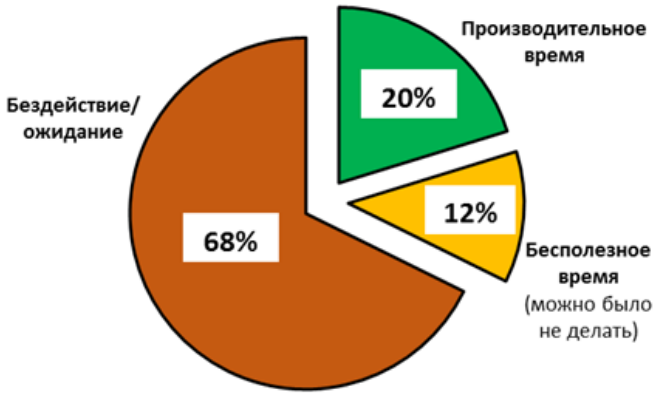
Исследование опыта горнодобывающих предприятий по развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволило выявить проблемы, обусловливающие неудовлетворительные качество ее функционирования и темпы развития. К первостепенной проблеме можно отнести то, что деятельность персонала горнодобывающих предприятий по развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования воспринимается как второстепенная и, соответственно, осуществляется со значительными потерями времени на реализацию производимых улучшений. Несмотря на острую востребованность в повышении эффективности деятельности горнодобывающих предприятий развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования осуществляется в 3-5 раз дольше возможной продолжительности этого процесса. В качестве примера оценки продолжительности процесса развития рассматриваемой системы представлен анализ деятельности работников разреза «Черногорский» по повышению эффективности эксплуатации автосамосвалов БелАЗ. Анализ и оценка продолжительности и результатов реализации решений, позволивших повысить полноту выполнения операций по техническому обслуживанию автосамосвалов БелАЗ с 11% до 100%, показали, что за 1595 дней, понадобившихся для реализации 9 решений, время работы, связанной непосредственно с повышением качества технического обслуживания карьерных автосамосвалов БелАЗ, составило около 27%, бесполезное время – 40% и бездействие – 33% (рисунок 3.1.1, а). В процессе повышения качества ремонта автосамосвалов БелАЗ, позволившего за 2940 дней сократить на 25% количество внезапных отказов, непосредственно на изменения было затрачено около 20% всего времени, бесполезное время составило 12% и бездействие – 68% (рисунок 3.1.1, б). В процессе улучшений рабочей среды и режимов работы автосамосвалов

БелАЗ, позволивших за 1560 дней повысить производительность этих машин в среднем на 15%, непосредственно на изменения было затрачено около 20% всего времени, бесполезное время составило 18% и бездействие – 62% (рисунок 3.1.1, в). То есть, комплексный результат по повышению эффективности системы эксплуатации автосамосвалов БелАЗ при рациональном использовании рабочего времени можно было достичь не за фактические 3 года, а менее чем за 1 год [233].

а) повышение качества выполнения технического обслуживания оборудования



б) повышение качества и сокращение продолжительности ремонта оборудования



в) улучшение рабочей среды и режимов работы оборудования

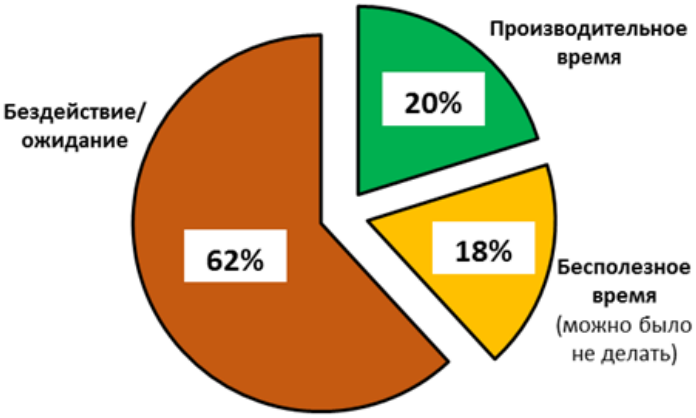


Рисунок 3.1.1 – Структура времени персонала при разработке и реализации мер по повышению эффективности системы эксплуатации автосамосвалов

К следующей проблеме, затрудняющей развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, можно отнести порядок взаимодействия руководителей и подчиненных в ее подсистемах. Так, например, в результате анализа взаимодействия работников энерго-механической службы (ЭМС) ряда горнодобывающих предприятий было выявлено, что руководитель выполняет за подчиненного значительную часть его функций [234]:

– главный механик занимается выполнением своего функционала в среднем 25% всего рабочего времени, 55% времени он выполняет функции старшего механика, 15% – участкового механика, 5% – слесаря;

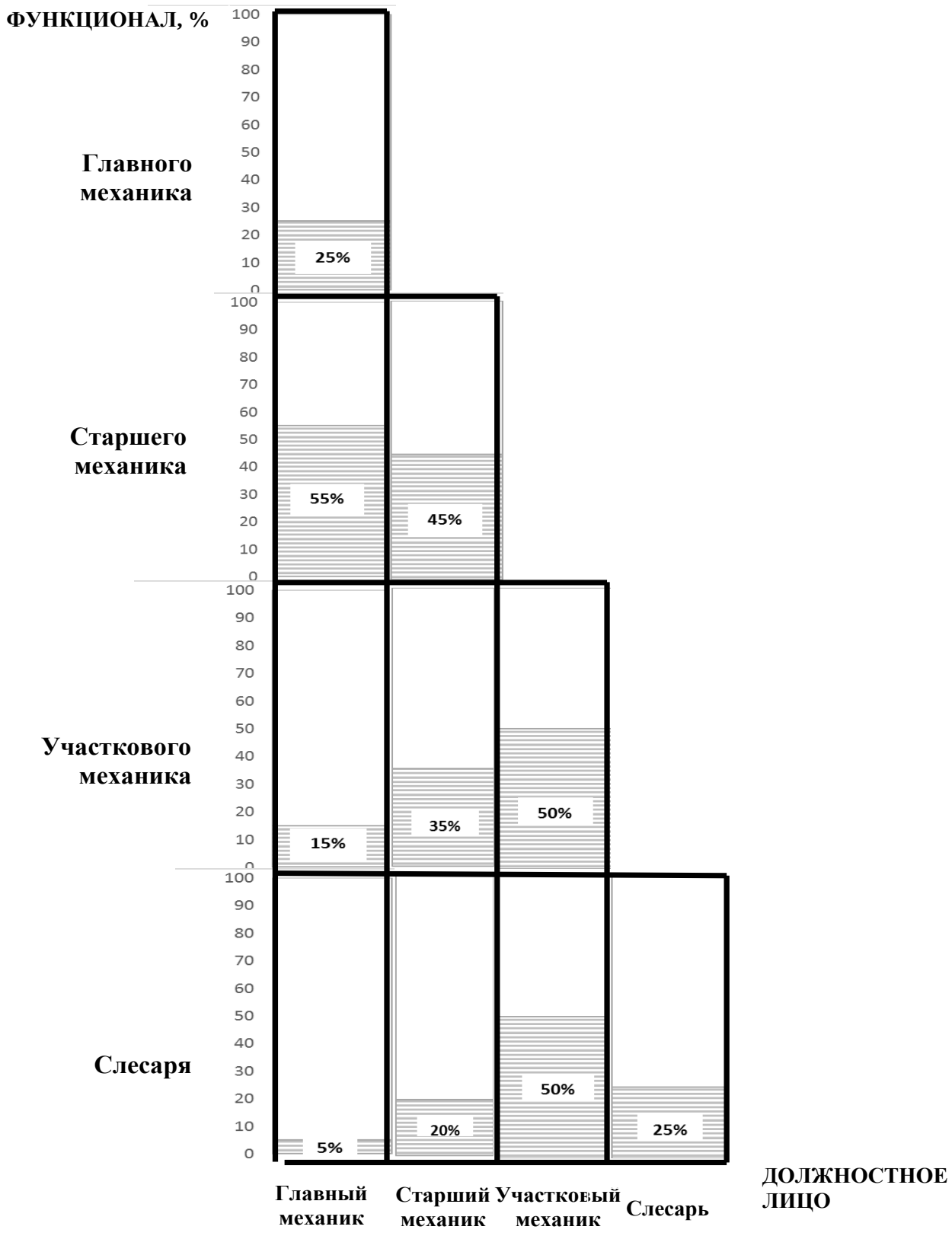
– старший механик занимается выполнением своего функционала в среднем 45% всего рабочего времени, 35% времени он выполняет функции участкового механика, 20% – слесаря;

– участковый механик занимается выполнением своего функционала в среднем 50% всего рабочего времени и 50% времени выполняет функции слесаря;

– слесарь занимается выполнением своего функционала в среднем 25%, всего рабочего времени, остальное время является непроизводительным (рисунок 3.1.2) [148].

Для повышения эффективности взаимодействия необходимо освоение персоналом службы структуры деятельности, при которой подчиненный выполняет часть функций руководителя.

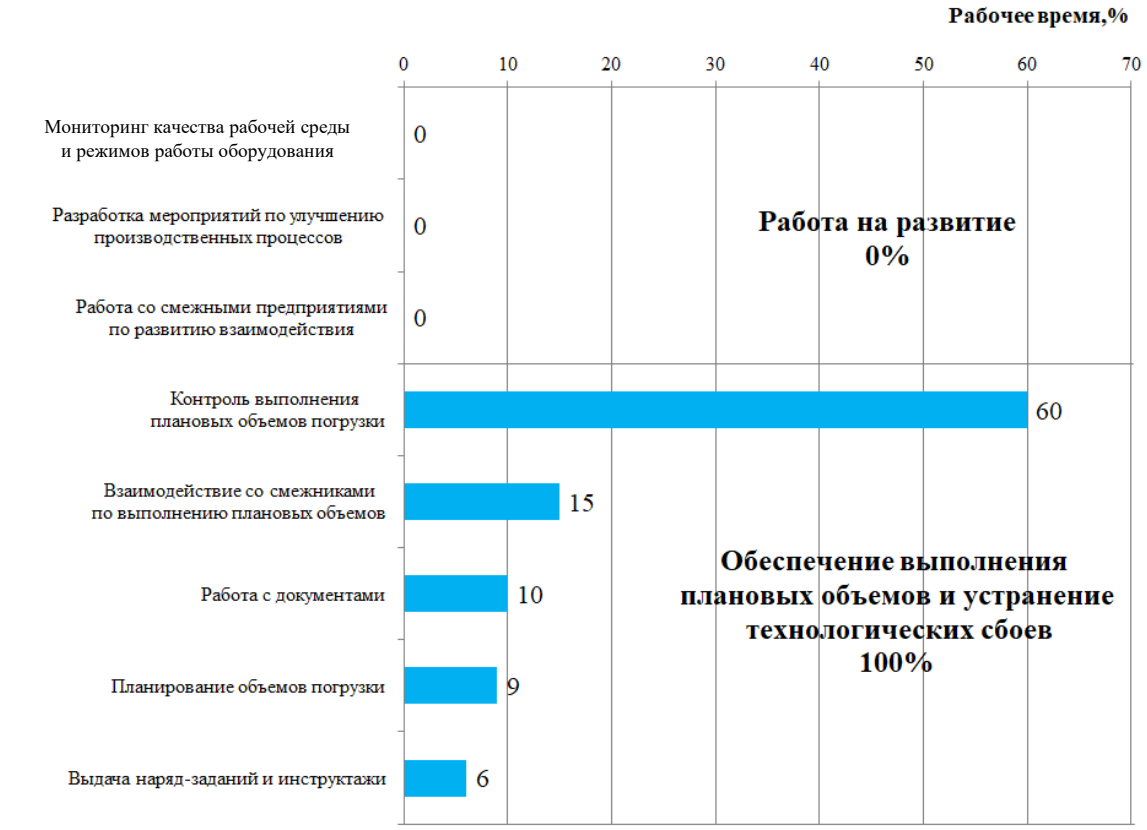
Переход к целесообразной структуре рабочего времени работников подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования требует вовлечения инженерно-технических работников в процесс совместного развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Сложившаяся структура рабочего времени инженерно-технических работников подсистем в основном направлена на обеспечение выполнения плановых объемов производства и устранение технологических сбоев (рисунок 3.1.3 а, б) [160].



фактические затраты времени на выполнение функций

Рисунок 3.1.2 – Фактическая структура рабочего времени работников энерго-механической службы

а)



б)

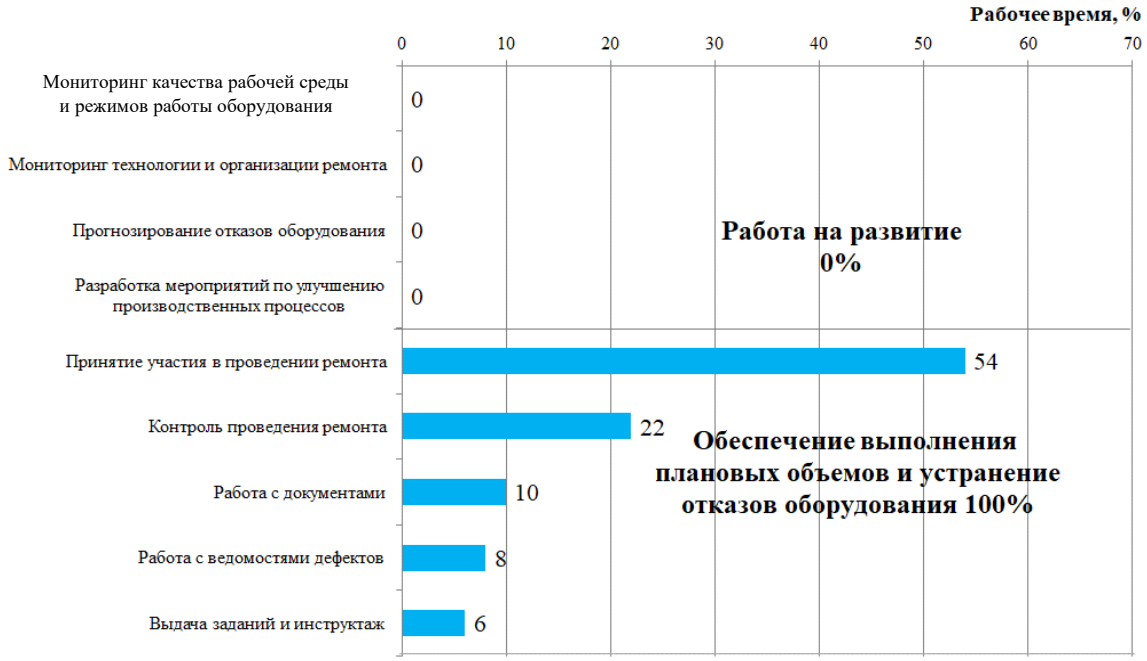


Рисунок 3.1.3 – Структура рабочего времени
а) начальника горного участка и б) механика производственного участка

Также процесс развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования сдерживает недостаточно разграниченная ответственность между работниками. Примером

недостаточного разграничения ответственности является систематическая корректировка наряд-задания машинисту экскаватора: на отечественных горнодобывающих предприятиях зачастую наряд меняется до 5 раз за смену. Корректировка наряд-задания производится разными должностными лицами: от заместителя директора до начальника смены, которые зачастую противоречат друг другу (рисунок 3.1.4) [160].

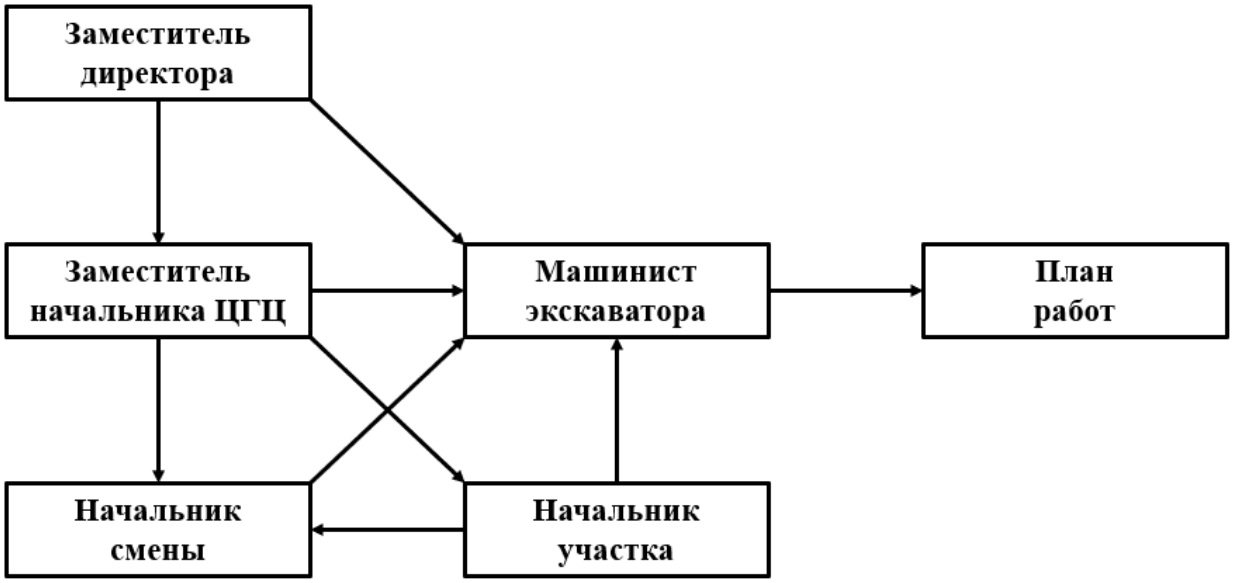


Рисунок 3.1.4 – Должностные лица,
производящие корректировку наряд-задания машинисту,
без согласования изменений друг с другом [160]

Несогласованное изменение наряд-задания машинисту в течение смены приводит к снижению его производительности и неупорядоченному ведению горных работ. Несогласованное изменение наряд-задания характерно для большинства рабочих профессий на горнодобывающих предприятиях [1].

В качестве другого примера недостаточного разграничения ответственности взаимодействия персонала можно представить результат взаимодействия подразделений ремонтной службы Рудоуправления: ремонтный электромеханический цех (РЭМЦ), центральный горный цех (ЦГЦ), Уральский завод по ремонту электрических машин (УЗРЭМ), асбестовый ремонтно-механический завод (АРМЗ) [160] (рисунок 3.1.5). При отсутствии

должного разграничения полномочий и ответственности в подразделениях, участвующих в процессе технического обслуживания и ремонта экскаваторов, затруднительно было выявлять и устранять причину отказа экскаватора, связанную с низким качеством проведения ремонтного обслуживания. Подобное затруднение вызвано тем, что при возникновении отказа вместо всестороннего, полного и объективного расследования причин его возникновения происходит сокрытие информации и отрицание ответственности.

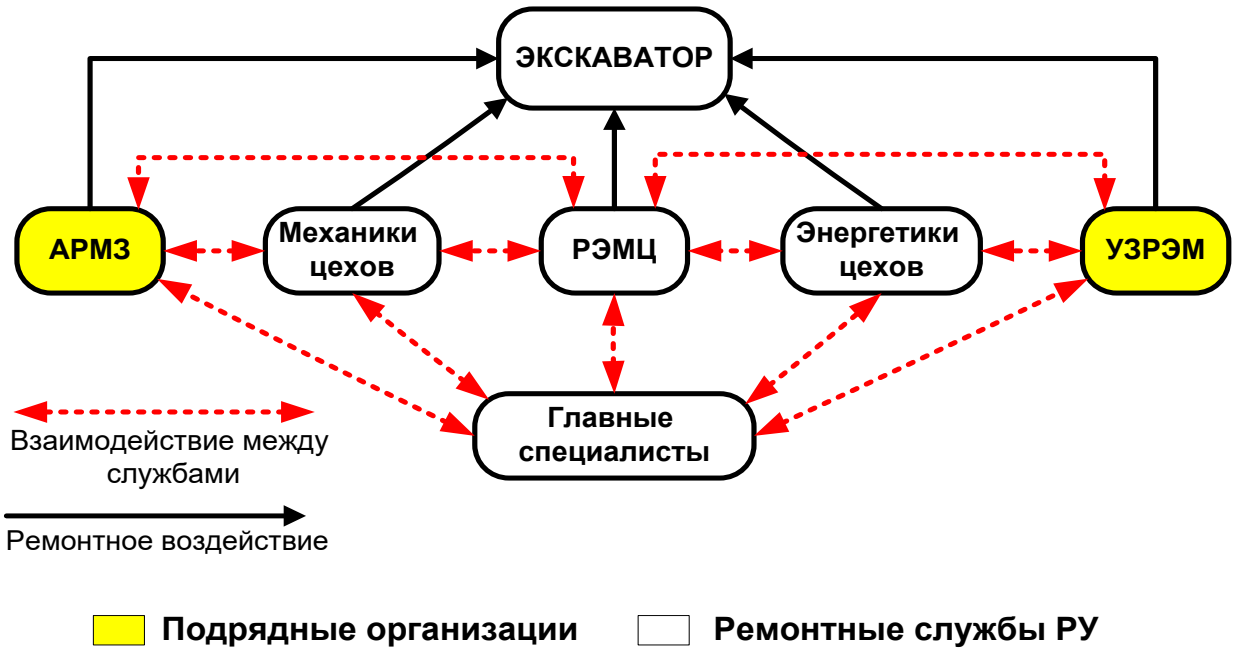


Рисунок 3.1.5 – Взаимодействие ремонтных служб до 2016г. в Рудоуправлении ПАО «Ураласбест» [160]

Кроме этого, нарушается координация взаимодействия персонала, что выражается существенными потерями рабочего времени работников из-за различного рода организационных простоев.

Несогласованное взаимодействие персонала и нарастающая потребность в реализации новых функций, обусловленных изменением внешней и внутренней среды подразделения и предприятия, приводят к «размыванию» должностных обязанностей работников и снижению уровня их

персональной ответственности [160]. Отсутствие персональной ответственности за выполнение должностных обязанностей приводит к тому, что информация, поступающая от директора, доходит не в полном объеме и в искаженном виде до операционных работников и наоборот (рисунок 3.1.6).

Рисунок 3.1.6 – Изменение объема передаваемой информации по уровням управления

Из-за неполной информации развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования осуществляется неполноценно и, соответственно, некачественно. Например, анализ качества актов расследования причин отказов оборудования на ряде горнодобывающих предприятиях показал, что только около 5% из них содержат информацию, позволяющую определять и устранять источник возникновения отказов и в среднем 35% актов раскрывают факторы, обусловливающие развитие повреждения до реализации его в отказ. На основании остальных 60% актов затруднительно принимать управленческие решения, поскольку причина отказа не устанавливается или не указывается (рисунок 3.1.7) [235].

Рисунок 3.1.7 – Содержание актов расследования отказов комплекса технологического горного оборудования по ряду горнодобывающих предприятий

Необходимость совершенствования структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предопределяет соответствующую подготовку персонала к освоению новых функций и должностных обязанностей, которые обусловлены изменением целей и задач развития подсистем. Оценка готовности персонала по 4-м основным показателям – отношение к эффективности и безопасности труда, мотивация и квалификация в отношении освоения новых функций и должностных обязанностей, его приспосабливаемость – показала низкий уровень подготовленности к осуществлению необходимых изменений в подсистемах (таблица 3.1.1) [160]. Оценка работников ряда горнодобывающих предприятий в части готовности осуществлять изменения свидетельствует о том, что только около 20% работников подсистемы организации работы оборудования готовы производить необходимые изменения, в подсистеме ремонтного обслуживания оборудования готовностью к изменениям характеризуются менее 15% работников.

Таблица 3.1.1. Показатели и характеристика работника в отношении совершенствования структуры подсистем [160]

Уровень готовности работников	**Показатели**			
	Отношение к эффективности и безопасности труда	**Мотивация к освоению новых функций и должностных обязанностей**	**Квалификация по освоению новых функций и должностных обязанностей**	**Приспосабливаемость**
Высокий	Самостоятельно организовывает повышение эффективности труда по своей инициативе и минимизирует риски травмирования свои и смежников	Освоение новых функций и должностных обязанностей является внутренней потребностью	Способен самостоятельно улучшать осваиваемые функции и расширять должностные обязанности	Обеспечивает гармоничное взаимодействие со смежниками в соответствии с требованиями новых должностных обязанностей
Средний	Повышает эффективность труда и минимизирует риски травмирования при внешнем побуждении	Новые функции и должностные обязанности осваивает при внешнем побуждении	Способен осваивать новые функции и должностные обязанности в заданных границах при внешнем побуждении	Формирование и организацию нового взаимодействия осуществляет на основе компромисса
Низкий	Повышает эффективность труда и контролирует риски травмирования только под административным давлением	Отторгает и отрицает предложения по изменению прежних функций и должностных обязанностей, осваивает новые только под административным давлением	Требуется непрерывное административное сопровождение и жесткий контроль освоения новых функций и должностных обязанностей	При формировании и организации нового взаимодействия провоцирует конфликты

Таким образом, исследование опыта горнодобывающих предприятий по развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволило выявить следующие существующие затруднения:

– отношение к процессу развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования сформировано как ко второстепенной задаче и, соответственно, даже при острой необходимости осуществляется с большими потерями времени;

– основное рабочее время инженерно-технических работников в подсистемах организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования задействовано в процессах, связанных с выполнением текущих задач: обеспечение выполнения плановых объемов производства и устранение технологических сбоев, отказов оборудования. В тоже время процессам развития производства, требуемых для повышения эффективности системы эксплуатации оборудования, не уделяется достаточно времени;

– взаимодействие работников в подсистемах организовано таким образом, что руководитель выполняет значительную часть функций за своего подчиненного, что не способствует переориентации деятельности работников на решение задач развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования;

– не конкретизирована ответственность подсистем, что обусловливает низкое качество расследования отказов оборудования и искажение информации при решении задач развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования;

– персонал подсистем характеризуется низкой готовностью к преобразованиям своей деятельности для повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

3.2. Возможности повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Оценка возможностей повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования показала наличие существенных затрат времени в процессе работы и ремонтного обслуживания оборудования, которое снижает время производительной его работы. Под временем производительной работы оборудования понимается время, которое потребовалось бы затратить на выполнение произведенного оборудованием объема работы при рациональных рабочей среды и режимах его работы, технологии и организации ремонтного обслуживания [1, 231, 236]. Время производительной работы комплекса технологического горного оборудования на горнодобывающих предприятиях за последние 40 лет в среднем увеличилось более чем в 3 раза и составляет 40-60% от календарного фонда времени. На передовых предприятиях время производительной работы экскаваторов, которые специалисты предприятий относят к основному виду оборудования, достигает 80% от календарного фонда времени. Однако достижение такого времени производительной работы экскаваторов зачастую обеспечивается привлечением излишнего количества оборудования, задействованного на смежных этапах производственного цикла предприятия. В результате автосамосвалы простаивают в ожидании погрузки, бульдозеры простаивают в ожидании подготовки призабойной зоны. Это приводит к тому, что для полноценного использования технического потенциала оборудования необходимо кроме рассмотрения индивидуальных особенностей работы оборудования на отдельных технологических этапах рассматривать и взаимосвязи результатов работы оборудования на смежных этапах во всем производственном цикле (рисунок 3.2.1). На рисунке 3.2.2, представлена типовая структура рабочего времени экскаваторов с выделением потерь времени, обусловленных неудовлетворительным качеством взаимодействия с оборудованием смежных этапов производственного цикла. Данная структура является характерной для остальных видов оборудования предприятия [237-240].

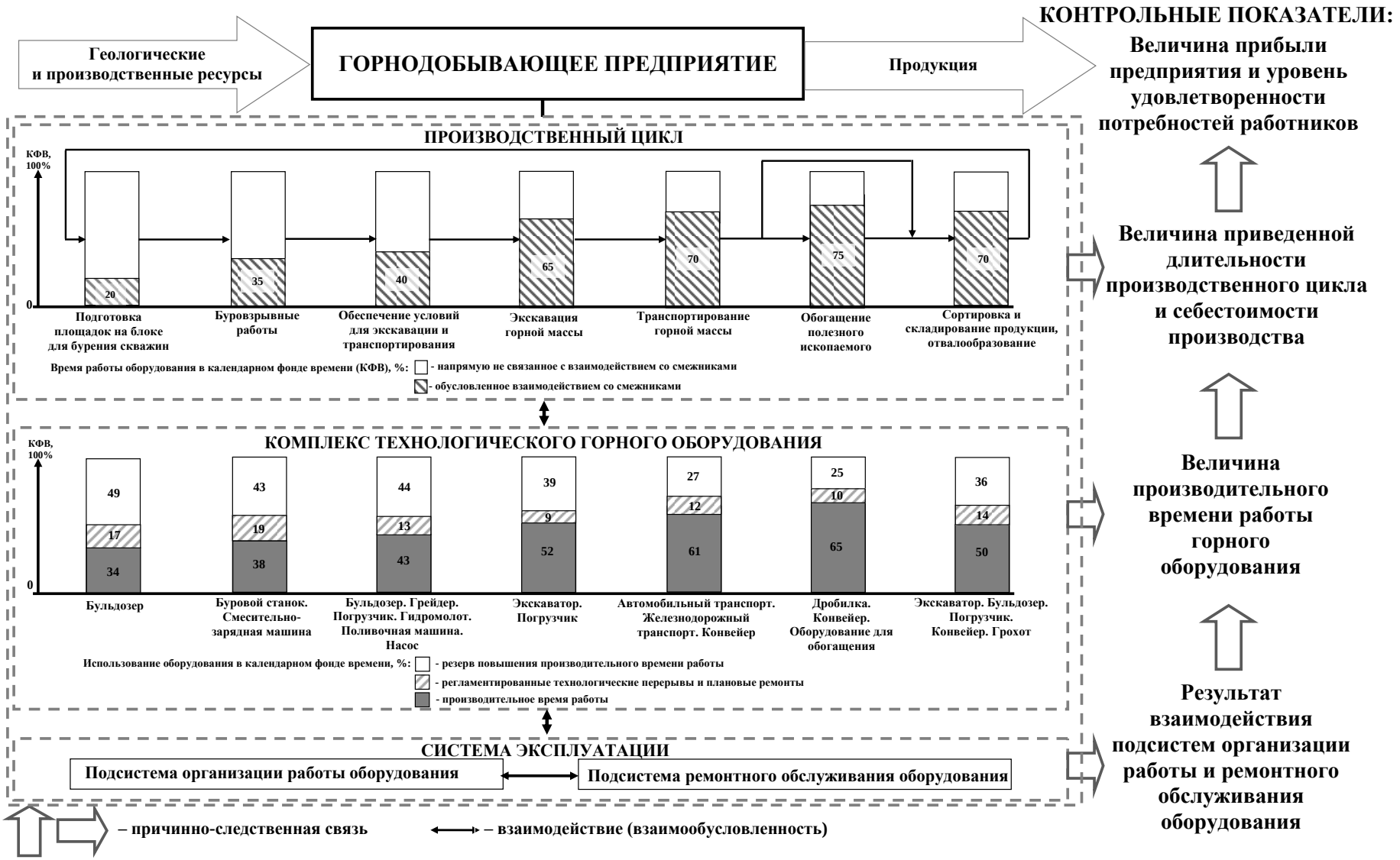


Рисунок 3.2.1 – Производственный цикл, характерный для горнодобывающего предприятия открытого способа разработки

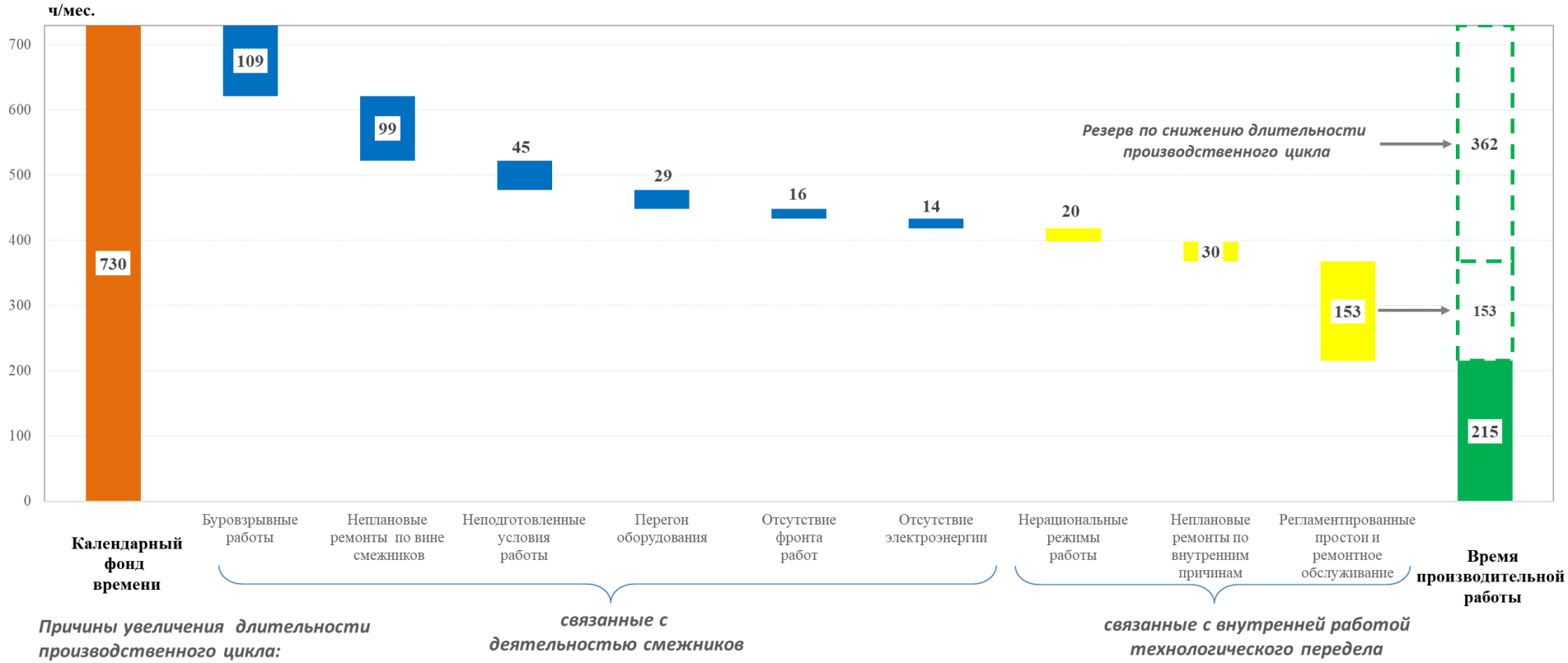


Рисунок 3.2.2 – Типовая среднемесячная структура рабочего времени экскаваторов на горнодобывающих предприятиях

Обобщение результатов оценки структуры рабочего времени комплекса технологического горного оборудования позволило выявить, что работа оборудования на каждом этапе производственного цикла в среднем от 20 до 75% времени функционально взаимосвязана с работой оборудования смежных этапов цикла и обусловливается качеством их совместной работы. Низкое качество совместной работы приводит к потерям времени. Данный вид потерь имеет тенденцию к увеличению от начала производственного цикла для каждого последующего технологического этапа (рисунок 3.2.3).

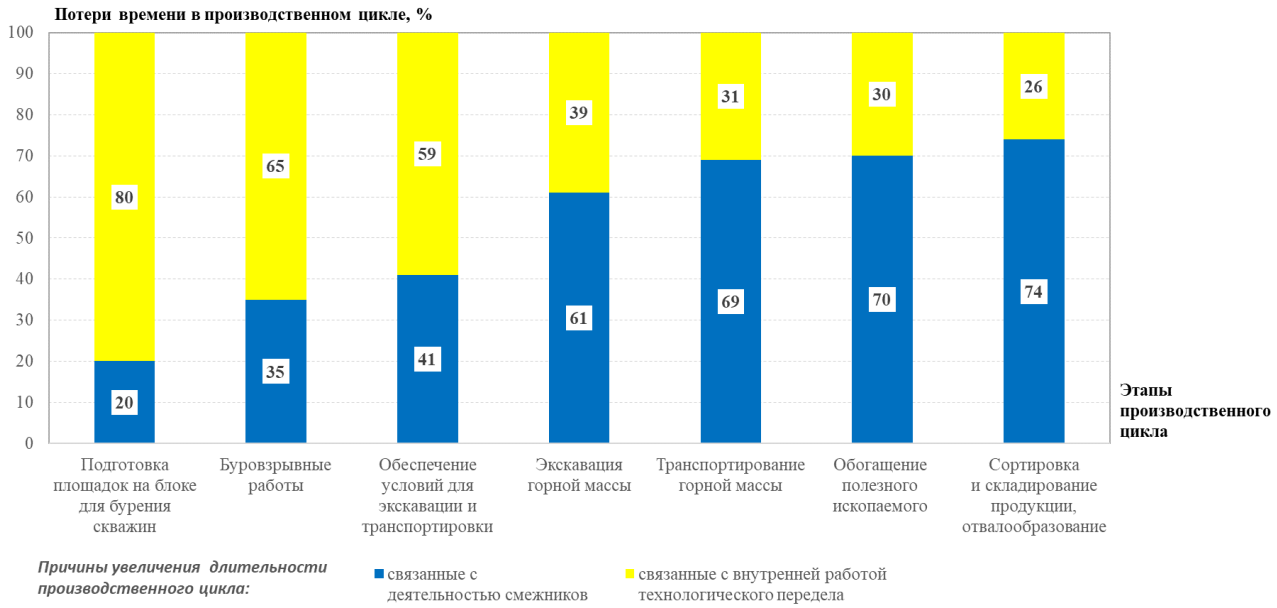


Рисунок 3.2.3 – Распределение потерь рабочего времени оборудования по этапам производственного цикла горнодобывающего предприятия

Наряду с оценкой возможностей повышения времени производительной работы оборудования целесообразно оценивать возможности повышения эффективности использования технического ресурса оборудования. В качестве примера в диссертации приведены результаты расчета вероятности отказа автосамосвалов БелАЗ-75306 и экскаваторов Komatsu PC4000 в зависимости от параметров качества условий работы и ремонтного обслуживания этих машин. Для определения эффективности использования технического ресурса горного оборудования был произведен расчет показателей надежности, представленных в ГОСТ 27.010-2019, по видам оборудования ряда горнодобывающих предприятий. В качестве индикатора,

характеризующего технический ресурс машины, рассматривался показатель вероятности ее отказа. Для его расчета по каждой единице горного оборудования на основе фактических данных определялся объем работы, после выполнения которого наступал отказ, а также фиксировались значения параметров, характеризующих условия работы оборудования, качество его ремонтного обслуживания и срок службы оборудования на момент проведения исследования. Полученные данные группировались в интервальный ряд, который затем оформлялся в виде таблицы эмпирического распределения показателей надежности (таблицы 3.2.1-3.2.12, 3.2.14-3.2.19).

Для оценки границ влияния каждого исследуемого параметра на технический ресурс оборудования определялись 3 интервала – лучшие, средние и худшие значения параметров по парку. В качестве примера в диссертации приведена последовательность шагов при исследовании зависимости технического ресурса экскаваторов Komatsu PC4000 от качества ремонтного обслуживания, выраженного полноценностью выполнения операций ТО и ППР. Также в работе приведены результаты исследования зависимости технического ресурса:

– экскаваторов Komatsu PC4000 от срока службы этих машин (таблицы 3.2.4-3.2.6) и от качества условий работы, выражаемого содержанием негабарита во взорванном блоке (таблицы 3.2.7-3.2.9);

– автосамосвалов БелАЗ-75306 от качества условий работы, выражаемого интегральным показателем качества дорожных условий (таблицы 3.2.10-3.2.12), от качества ремонтного обслуживания, выражаемого полноценностью выполнения операций ТО и ППР (таблицы 3.2.14-3.2.16), от срока службы этих машин (таблицы 3.2.17-3.2.19).

В первую очередь при иссследовании влияния полноценности выполнения операций ТО и ППР экскаваторов Komatsu PC4000 на их технический ресурс были выделены 3 интервала данных по отказам экскаваторов, в зависимости от среднего уровня полноценности, при котором эти отказы наступали:

– 1 интервал (худшие показатели) – полноценность выполнения ТО и ППР до 30%

– 2 интервал (средние показатели) – полноценность выполнения ТО и ППР от 30% до 70%;

– 3 интервал (лучшие показатели) – полноценность выполнения ТО и ППР от 70% до 100%.

Для построения интервального ряда определялась его ширина ΔX с использованием формулы Стеджерса:

$$\Delta X = (X_{MAX} - X_{MIN})/(1 + 3{,}31 \cdot lgN), \quad (3.2.1)$$

где X_{MAX} и X_{MIN} – максимальное и минимальное значения результатов наблюдений; N – количество наблюдений.

$$\Delta X = (256 - 45)/(1 + 9{,}02) = 26{,}2 \text{ тыс. м}^3$$

При шаге интервала, равным 26,2 тыс. м^3, количество интервалов (k) для экскаваторов Komatsu PC4000 равно 8.

В ходе расчетов были определены средняя наработка до отказа, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации.

Математическое ожидание $\bar{x}$ наработки до отказа рассчитывается по формуле:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{k} \bar{x}_i \cdot m_i, \quad (3.2.2)$$

где k – количество интервалов (k = 8); x_i – середина i-того интервала; m_i – относительная частота (частость) экспериментальных значений, попавших в i-й интервал вариационного ряда.

$$\bar{x} = 14 + 31 + 0 + 17 + 37 + 7 + 0 + 0 = 106$$

Середина интервала $\bar{x}_i$ расчитывается по формуле:

$$\bar{x}_i = \left(I_{\text{н}}^i + I_{\text{к}}^i\right)/2, \quad (3.2.3)$$

где $I_{\text{н}}^i$ – начальная граница i-того интервала; $I_{\text{к}}^i$ – конечная граница i-того интервала.

$$\bar{x}_1 = (45 + 71)/2 = 58;$$

$$\bar{x}_2 = (71 + 79)/2 = 84;$$

$$\bar{x}_3 = (97 + 124)/2 = 111;$$

$$\bar{x}_4 = (124 + 150)/2 = 137;$$

$$\bar{x}_5 = (150 + 176)/2 = 163;$$

$$\bar{x}_6 = (176 + 202)/2 = 189;$$

$$\bar{x}_7 = (202 + 228)/2 = 215;$$

$$\bar{x}_8 = (228 + 256)/2 = 242.$$

Относительная частота эксперементальных значений m_i расчитывается по формуле:

$$m_i = n_i/N, \qquad (3.2.4)$$

где n_i – число попаданий экспериментальных значений в i-й интервал.

$$m_1 = 127/531 = 0{,}24;$$

$$m_2 = 198/531 = 0{,}37;$$

$$m_3 = 0/531 = 0{,}00;$$

$$m_4 = 67/531 = 0{,}13;$$

$$m_5 = 119/531 = 0{,}22;$$

$$m_6 = 20/531 = 0{,}04;$$

$$m_7 = 0/531 = 0{,}00;$$

$$m_8 = 0/531 = 0{,}00.$$

Результаты расчетов представленных показателей надежности сведены в таблицу 3.2.1.

Таблица 3.2.1. Результаты расчета показателей надежности экскаваторов Komatsu PC4000 при полноценности выполнения их ТО и ППР до 30%

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	127	0,24	58	14	0,239	0,009	1070028
2	71	97	198	0,37	84	31	0,612	0,014	851785
3	97	124	0	0,00	111	0	0,612	0,000	0
4	124	150	67	0,13	137	17	0,738	0,005	11652
5	150	176	119	0,22	163	37	0,962	0,009	20152
6	176	202	20	0,04	189	7	1,000	0,001	30755
7	202	228	0	0,00	215	0	1,000	0,000	0
8	228	256	0	0,00	242	0	1,000	0,000	0
			N = 531						

Дисперсия $D(x)$ для каждой таблицы эмпирического распределения расчитывается по формуле:

$$D(x) = (1/N) \cdot \sum_{i=1}^{k} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 n_i, \quad (3.2.5)$$

$$D(x) = (1070028 + 851785 + 11652 + 20152 + 30755)/531 = 3737{,}05$$

где $(\bar{x}_i - \bar{x})^2 n_i$ – дискретная случайная величина i-того итервала.

$$(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 n_1 = (58 - 150)^2 \cdot 127 = 1070028;$$

$$(\bar{x}_2 - \bar{x})^2 n_2 = (84 - 150)^2 \cdot 198 = 851785;$$

$$(\bar{x}_3 - \bar{x})^2 n_3 = (111 - 150)^2 \cdot 0 = 0;$$

$$(\bar{x}_4 - \bar{x})^2 n_4 = (137 - 150)^2 \cdot 67 = 11652;$$

$$(\bar{x}_5 - \bar{x})^2 n_5 = (163 - 150)^2 \cdot 119 = 20152;$$

$$(\bar{x}_6 - \bar{x})^2 n_6 = (189 - 150)^2 \cdot 20 = 30755;$$

$$(\bar{x}_7 - \bar{x})^2 n_7 = (215 - 150)^2 \cdot 0 = 0;$$

$$(\bar{x}_8 - \bar{x})^2 n_8 = (242 - 150)^2 \cdot 0 = 0.$$

Среднее квадратическое отклонение σ_x расчитывается по формуле:

$$\sigma_x = \sqrt{D(x)}, \quad (3.2.6)$$

$$\sigma_x = \sqrt{3737{,}05} = 61{,}13$$

Таким образом, полученное значение среднеквадратичного отклонения не превышает границ интервалов выборки, что свидетельствует о том, что полученное множество значений интервального ряда, характеризующих зависимость технического ресурса экскаваторов от полноценности выполнения ТО и ППР, незначительно отличаются от среднего значения генеральной выборки данных. Аналогичные расчеты были произведены для определения показателей надежности при полноценности выполнения ТО и ППР от 30% до 70% (таблица 3.2.2) и более 70% (табл 3.2.3).

Таблица 3.2.2. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 при полноценности выполнения их ТО и ППР от 30% до 70%

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	368	0,36	58	21	0,362	0,014	3100555
2	71	97	299	0,29	84	25	0,656	0,011	1286282
3	97	124	246	0,24	111	27	0,899	0,009	381655
4	124	150	71	0,07	137	10	0,969	0,003	12348
5	150	176	0	0,00	163	0	0,969	0,000	0
6	176	202	32	0,03	189	6	1,000	0,001	49208
7	202	228	0	0,00	215	0	1,000	0,000	0
8	228	256	0	0,00	242	0	1,000	0,000	0
			N = 1016						

$D(x) = 4753{,}98;\ \ \sigma_x = 68{,}95.$

Таблица 3.2.3. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 при полноценности выполнения их ТО и ППР от 70% до 100%

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	216	0,5	58	28	0,489	0,019	1819891
2	71	97	101	0,23	84	19	0,717	0,009	434497
3	97	124	80	0,18	111	20	0,898	0,007	124115
4	124	150	0	0,00	137	0	0,898	0,000	0
5	150	176	0	0,00	163	0	0,898	0,000	0
6	176	202	0	0,00	189	0	0,898	0,000	0
7	202	228	0	0,00	215	0	0,898	0,000	0
8	228	256	45	0,10	242	25	1,000	0,004	383472
			N = 442						

$D(x) = 6248{,}81;\ \ \sigma_x = 79{,}05.$

Таблица 3.2.4. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 со сроком службы до 4 лет

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	0	0,0	58	0	0,000	0,000	0
2	71	97	220	0,5	84	40	0,478	0,018	946428
3	97	124	104	0,2	111	25	0,704	0,009	161350
4	124	150	71	0,2	137	21	0,859	0,006	12348
5	150	176	0	0,0	163	0	0,859	0,000	0
6	176	202	20	0,0	189	8	0,902	0,002	30755
7	202	228	0	0,0	215	0	0,902	0,000	0
8	228	256	45	0,1	242	24	1,000	0,004	383472
			N = 460						

$D(x) = 3335{,}55; \quad \sigma_x = 57{,}75.$

Таблица 3.2.5. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 со сроком службы от 4 до 8 лет

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	389	0,5	58	27	0,461	0,018	3277489
2	71	97	95	0,1	84	9	0,573	0,004	408685
3	97	124	142	0,2	111	19	0,742	0,006	220305
4	124	150	67	0,1	137	11	0,821	0,003	11652
5	150	176	119	0,1	163	23	0,962	0,005	20152
6	176	202	32	0,0	189	7	1,000	0,001	49208
7	202	228	0	0,0	215	0	1,000	0,000	0
8	228	256	0	0,0	242	0	1,000	0,000	0
			N = 884						

$D(x) = 4724{,}52; \quad \sigma_x = 68{,}74.$

Таблица 3.2.6. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 со сроком службы более 8 лет

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	322	0,6	58	38	0,647	0,025	2712986
2	71	97	96	0,2	84	16	0,839	0,007	412987
3	97	124	80	0,2	111	18	1,000	0,006	124115
4	124	150	0	0,0	137	0	1,000	0,000	0
5	150	176	0	0,0	163	0	1,000	0,000	0
6	176	202	0	0,0	189	0	1,000	0,000	0
7	202	228	0	0,0	215	0	1,000	0,000	0
8	228	256	0	0,0	242	0	1,000	0,000	0
			N = 498						

$D(x) = 6526{,}28; \quad \sigma_x = 80{,}79.$

Таблица 3.2.7. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 при доле негабарита во взорванном блоке до 3%

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	216	0,4	58	26	0,448	0,017	1819891
2	71	97	0	0,0	84	0	0,448	0,000	0
3	97	124	139	0,3	111	32	0,737	0,011	215651
4	124	150	0	0,0	137	0	0,737	0,000	0
5	150	176	50	0,1	163	17	0,840	0,004	8467
6	176	202	32	0,1	189	13	0,907	0,003	49208
7	202	228	0	0,0	215	0	0,907	0,000	0
8	228	256	45	0,1	242	23	1,000	0,004	383472
			N = 482						

$D(x) = 5138{,}36; \quad \sigma_x = 71{,}68.$

Таблица 3.2.8. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 при доле негабарита во взорванном блоке от 3% до 10%

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	495	0,5	58	29	0,503	0,019	4170583
2	71	97	96	0,1	84	8	0,600	0,004	412987
3	97	124	187	0,2	111	21	0,790	0,007	290120
4	124	150	138	0,1	137	19	0,930	0,005	24000
5	150	176	69	0,1	163	11	1,000	0,003	11685
6	176	202	0	0,0	189	0	1,000	0,000	0
7	202	228	0	0,0	215	0	1,000	0,000	0
8	228	256	0	0,0	242	0	1,000	0,000	0
			N = 985						

$D(x) = 4984{,}14; \quad \sigma_x = 70{,}60.$

Таблица 3.2.9. Результаты расчета показателей надежности Komatsu PC4000 при доле негабарита во взорванном блоке более 10%

№ инт i	Граница интервала производительности		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	45	71	0	0,0	58	0	0,000	0,000	0
2	71	97	220	0,8	84	70	0,827	0,032	946428
3	97	124	26	0,1	111	11	0,925	0,004	40338
4	124	150	0	0,0	137	0	0,925	0,000	0
5	150	176	0	0,0	163	0	0,925	0,000	0
6	176	202	20	0,1	189	14	1,000	0,003	30755
7	202	228	0	0,0	215	0	1,000	0,000	0
8	228	256	0	0,0	242	0	1,000	0,000	0
			N = 266						

$D(x) = 3825{,}27; \quad \sigma_x = 61{,}85.$

Таблица 3.2.10. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при значении интегрального показателя качества проектных параметров карьерных автодорог до 0,4

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	0	0,0	309	0	0,000	0,000	0
2	352	437	0	0,0	395	0	0,000	0,000	0
3	437	523	0	0,0	480	0	0,000	0,000	0
4	523	608	152	0,0	565	19	0,034	0,000	319434
5	608	693	2671	0,6	651	390	0,634	0,007	4167572
6	693	779	950	0,2	736	157	0,847	0,002	14806709
7	779	864	600	0,1	821	111	0,982	0,002	26507195
8	864	1000	82	0,0	932	17	1,000	0,000	8443994
			N = 4455						

$D(x) = 12176{,}19; \quad \sigma_x = 110{,}35.$

Таблица 3.2.11. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при значении интегрального показателя качества проектных параметров карьерных автодорог от 0,4 до 0,7

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	0	0,0	309	0	0,000	0,000	0
2	352	437	0	0,0	395	0	0,000	0,000	0
3	437	523	0	0,0	480	0	0,000	0,000	0
4	523	608	1827	0,9	565	509	0,900	0,011	2850675
5	608	693	202	0,1	651	65	1,000	0,001	3148374
6	693	779	0	0,0	736	0	1,000	0,000	0
7	779	864	0	0,0	821	0	1,000	0,000	0
8	864	1000	0	0,0	932	0	1,000	0,000	0
			N = 2029						

$D(x) = 2956{,}65; \quad \sigma_x = 54{,}38.$

Таблица 3.2.12. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при значении интегрального показателя качества проектных параметров карьерных автодорог более 0,7

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	295	0,2	309	53	0,171	0,002	26882439
2	352	437	270	0,2	395	62	0,328	0,002	12658908
3	437	523	969	0,6	480	270	0,889	0,007	16676221
4	523	608	191	0,1	565	63	1,000	0,001	401394
5	608	693	0	0,0	651	0	1,000	0,000	0
6	693	779	0	0,0	736	0	1,000	0,000	0
7	779	864	0	0,0	821	0	1,000	0,000	0
8	864	1000	0	0,0	932	0	1,000	0,000	0
			N = 1725						

$$D(x) = 32822{,}59; \quad \sigma_x = 181{,}17.$$

Величина значения интегрального показателя качества проектных параметров карьерных автодорог оценивалась по следующим ключевым показателям: высота предохранительного вала, ширина проезжей части, величина уклона дороги и виражей, уровень освещенности, состояние колеи дороги, наличие наледи, пыли и просыпей, наличие знаков дорожного движения, площадь, покрытая выбоинами и кочками, пробег шин автосамосвалов, удельное количество механических повреждений на 1 млн км, средняя удельная продолжительность ремонта рамы автосамосвала.

По итогам проверки качества автодорог предприятия суммируется количество замечаний (в баллах) по всем показателям и затем рассчитывается удельное количество баллов на 1 км дороги $n_{\text{уд}}$ по формуле:

$$n_{\text{уд}} = n_{\text{нарушений}} / L_{\text{д}}, \qquad (3.2.7)$$

где $n_{\text{нарушений}}$ – общее количество баллов (оценивается по характеристикам качества проектных параметров автодорог, представленных в таблице 3.2.13); $L_{\text{д}}$ – длина оцениваемых технологических автодорог предприятия, км.

Таблица 3.2.13. Характеристики качества проектных параметров автодорог

Параметр		Характеристики качества параметра	Примечание
1. Проектные параметры	1.1 Высота предохранительного (удерживающего) вала	Высота предохранительного (удерживающего) вала оцениваемого типа автодорог (траншейные, забойные, отвальные) полностью соответствует проектным параметрам: 0 баллов. Каждый выявленный случай несоответствия высоты предохранительного (удерживающего) вала от проектных параметров оценивается в меньшую сторону: • на 3÷15% на протяжении ≥ 1 метра вала: -1 балл; • более 15% на протяжении ≥ 1 метра вала: -2 балла.	
	1.2 Ширина проезжей части	Ширина проезжей части на оцениваемом типе автодорог (траншейные, забойные, отвальные) полностью соответствует проектным параметрам: 0 баллов. Каждый выявленный случай несоответствия ширины проезжей части от проектных параметров оценивается в меньшую сторону: • на 3÷15%: -1 балл; • более 15%: -2 балла.	
	1.3 Уклон дороги (по данным прибора)	Уклон дороги на оцениваемом типе автодорог (траншейные, забойные, отвальные) полностью соответствует проектным параметрам: 0 баллов. Каждый выявленный случай несоответствия уклона дороги от проектных параметров оценивается в большую сторону: • на 3÷15%: -1 балл; • более 15%: -2 балла.	
	1.4 Виражи	Уклон проезжей части на виражах оцениваемого типа автодорог (траншейные, забойные, отвальные) полностью соответствует проектным параметрам: 0 баллов. Каждый выявленный случай несоответствия уклона проезжей части на виражах от проектных параметров оценивается в меньшую сторону: • на 3÷15%: -1 балл; • более 15%: -2 балла.	
	1.5 Освещение (по данным акта)	Уровень освещения автодорог (траншейные, забойные, отвальные), мест разгрузки и погрузки полностью соответствует проектным параметрам - 0 баллов. Каждый выявленный случай несоответствия уровня освещения от проектных параметров оценивается в меньшую сторону: • на 3÷15%: -1 балл; • более 15%: -2 балла. • каждый выявленный случай отсутствия в необходимом месте осветительной установки: -3 балла.	Оценка производится на основании акта проверки освещенности в темное время суток в местах погрузки, разгрузки, а также на внутрикарьерных дорогах

Продолжение таблицы 3.2.13

Параметр		Характеристики качества параметра	Примечание
2. Дорожное полотно, ПДД	2.1 Колея	На оцениваемом типе автодорог (траншейные, забойные, отвальные): • отсутствует «колея» и тем самым обеспечивается благоприятное и безопасное передвижение а/с: 0 баллов; • присутствует небольшая «колея» (глубиной от 5 см до 20 см), следовательно требуется повышенная внимательность и снижение скорости передвижения а/с: -1 балл; • присутствует «колея» (глубиной от 20 см) небезопасная для движения и ухудшающая техническое состояние а/с: -3 балла.	
	2.2 Наличие наледи и пыли	На оцениваемом типе автодорог (траншейные, забойные, отвальные): • отсутствует наледь или пыль и тем самым обеспечивается благоприятное и безопасное передвижение а/с: 0 баллов; • присутствуют участки с наледью или пылью, требующие повышенную внимательность и снижение скорости передвижения а/с: -1 балл; • присутствует наледь или пыль и тем самым не обеспечивается безопасное передвижение а/с: -3 балла.	
	2.3 Знаки дорожного движения	На оцениваемом типе автодорог (траншейные, забойные, отвальные): • присутствуют все необходимые знаки дорожного движения и находятся в надлежащем состоянии: 0 баллов; • каждый случай выявленного нарушения по эксплуатации знаков дорожного движения (необходима повышенная внимательность для считывания информации со знака): -1 балл; • каждый случай отсутствия дорожного знака в необходимом для установки месте: -2 балла.	
	2.4 Наличие просыпи	На оцениваемом типе автодорог (траншейные, забойные, отвальные): • отсутствует просыпь горной массы - 0 баллов; • каждый выявленный случай присутствия просыпи на автодороге: -1 балл.	Просыпью считается один либо нескольких кусков горной массы на дороге высотой от поверхности более 20 см
3. Площадь, покрытая выбоинами и кочками		Оцениваемый тип автодорог (траншейные, забойные, отвальные) покрыт выбоинами или кочками в общей сумме на протяжении: • ≤ 5 % от всей длины оцениваемого типа автодороги: 0 баллов; • от 5 до 15% от всей длины оцениваемого типа автодороги: -1 балл; • более 15% от всей длины оцениваемого типа автодороги: -3 балла.	

Таблица 3.2.14. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при полноценности выполнения их ТО и ППР до 30%

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	192	0,0	309	13	0,042	0,000	17496367
2	352	437	211	0,0	395	18	0,088	0,001	9892703
3	437	523	192	0,0	480	20	0,129	0,000	3304267
4	523	608	1718	0,4	565	211	0,502	0,004	3610448
5	608	693	1762	0,4	651	249	0,885	0,004	2749256
6	693	779	461	0,1	736	74	0,985	0,001	7185150
7	779	864	68	0,0	821	12	1,000	0,000	3004149
8	864	1000	0	0,0	932	0	1,000	0,000	0
			N = 4604						

$D(x) = 10261{,}15; \quad \sigma_x = 101{,}30.$

Таблица 3.2.15. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при полноценности выполнения их ТО и ППР от 30% до 70%

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	103	0,0	309	10	0,032	0,000	4829139
2	352	437	59	0,0	395	7	0,050	0,000	1015374
3	437	523	684	0,2	480	100	0,259	0,002	1437454
4	523	608	452	0,1	565	78	0,397	0,002	705257
5	608	693	1036	0,3	651	206	0,714	0,004	16147106
6	693	779	489	0,1	736	110	0,864	0,002	21603364
7	779	864	419	0,1	821	105	0,992	0,002	43146750
8	864	1000	25	0,0	932	7	1,000	0,000	9334943
			N = 3267						

$D(x) = 30064{,}09; \quad \sigma_x = 173{,}39.$

Таблица 3.2.16. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при полноценности выполнения их ТО и ППР от 70% до 100%

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	0	0,0	309	0	0,000	0,000	0
2	352	437	0	0,0	395	0	0,000	0,000	0
3	437	523	93	0,3	480	132	0,275	0,003	1600504
4	523	608	0	0,0	565	0	0,275	0,000	0
5	608	693	75	0,2	651	144	0,497	0,003	117023
6	693	779	0	0,0	736	0	0,497	0,000	0
7	779	864	113	0,3	821	275	0,831	0,004	4992188
8	864	1000	57	0,2	932	157	1,000	0,002	5869606
			N = 338						

$D(x) = 37216{,}93; \quad \sigma_x = 192{,}92.$

Таблица 3.2.17. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при сроке их службы до 6 лет

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	0	0,0	309	0	0,000	0,000	0
2	352	437	0	0,0	395	0	0,000	0,000	0
3	437	523	723	0,3	480	166	0,345	0,004	12442629
4	523	608	783	0,4	565	211	0,719	0,004	1645507
5	608	693	588	0,3	651	183	1,000	0,003	917459
6	693	779	0	0,0	736	0	1,000	0,000	0
7	779	864	0	0,0	821	0	1,000	0,000	0
8	864	1000	0	0,0	932	0	1,000	0,000	0
			N = 2094						

$D(x) = 7166{,}00; \quad \sigma_x = 84{,}65$

Таблица 3.2.18. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при сроке их службы от 6 до 12 лет

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	285	0,1	309	24	0,077	0,001	13362181
2	352	437	270	0,1	395	29	0,150	0,001	4646625
3	437	523	246	0,1	480	32	0,217	0,001	516979
4	523	608	1107	0,3	565	169	0,517	0,004	1727257
5	608	693	1070	0,3	651	189	0,807	0,003	16677030
6	693	779	32	0,0	736	6	0,815	0,000	1413717
7	779	864	600	0,2	821	133	0,978	0,002	61785323
8	864	1000	82	0,0	932	21	1,000	0,000	30618614
			N = 3692						

$D(x) = 35413{,}79; \quad \sigma_x = 188{,}19.$

Таблица 3.2.19. Результаты расчета показателей надежности автосамосвалов БелАЗ-75306 при сроке их службы от 12 до 18 лет

№ инт i	Граница интервала грузооборота		Количество отказов n_i в интервале, ед	Относительная частота m_i	Середина интервала $\bar{x}_i$	$\bar{x}_1 \cdot m_1$	Технический ресурс (вероятность отказа)	Плотность вероятности отказа	$(\bar{x}_i - x_i)^2 \cdot n_i$
	от	до							
1	267	352	10	0,0	309	1	0,004	0,000	911269
2	352	437	0	0,0	395	0	0,004	0,000	0
3	437	523	0	0,0	480	0	0,004	0,000	0
4	523	608	280	0,1	565	65	0,120	0,001	588432
5	608	693	1215	0,5	651	326	0,621	0,006	1895769
6	693	779	918	0,4	736	279	1,000	0,004	14307957
7	779	864	0	0,0	821	0	1,000	0,000	0
8	864	1000	0	0,0	932	0	1,000	0,000	0
			N = 3692						

$D(x) = 7306{,}41; \quad \sigma_x = 85{,}48.$

Оценка всех распространенных видов горного оборудования на ряде российских и передовых зарубежных горнодобывающих предприятий с применением представленных формул расчета технического ресурса позволила выявить более 200 зависимостей ресурса оборудования, выражаемого вероятностью его отказа, от значений параметров условий организации работы и ремонтного обслуживания оборудования. Все границы интервальных рядов по выявленным зависимостям технического ресурса каждого рассматриваемого вида горного оборудования предприятия от параметров условий работы и ремонтного обслуживания были обобщены в виде области действительных значений функции технического ресурса, представленной на рисунке 3.2.4.

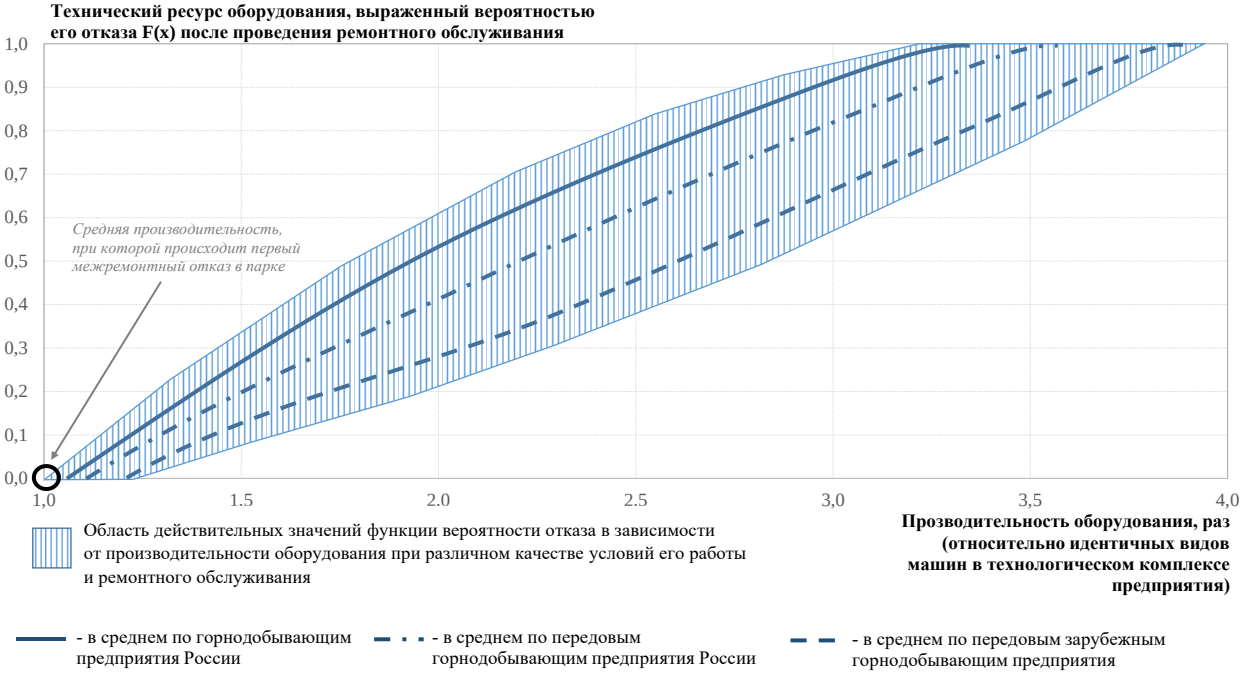


Рисунок 3.2.4 – Обобщенная область действительных значений технического ресурса оборудования в зависимости от его производительности, качества условий работы и ремонтного обслуживания

На основе определения коэффициента сохранения эффективности горного оборудования (оцениваемого в работе как отношение достигнутых значений расчетной прибыли от эксплуатации оборудования к ее номинальным значениям, см. параграф 4.1 [241, 242]), а также с использованием обобщенной области действительных значений технического

ресурса оборудования, была сформирована обобщенная область действительных значений этого коэффициента в зависимости от производительности, срока эксплуатации, качества условий работы и ремонтного обслуживания оборудования (рисунок 3.2.5).

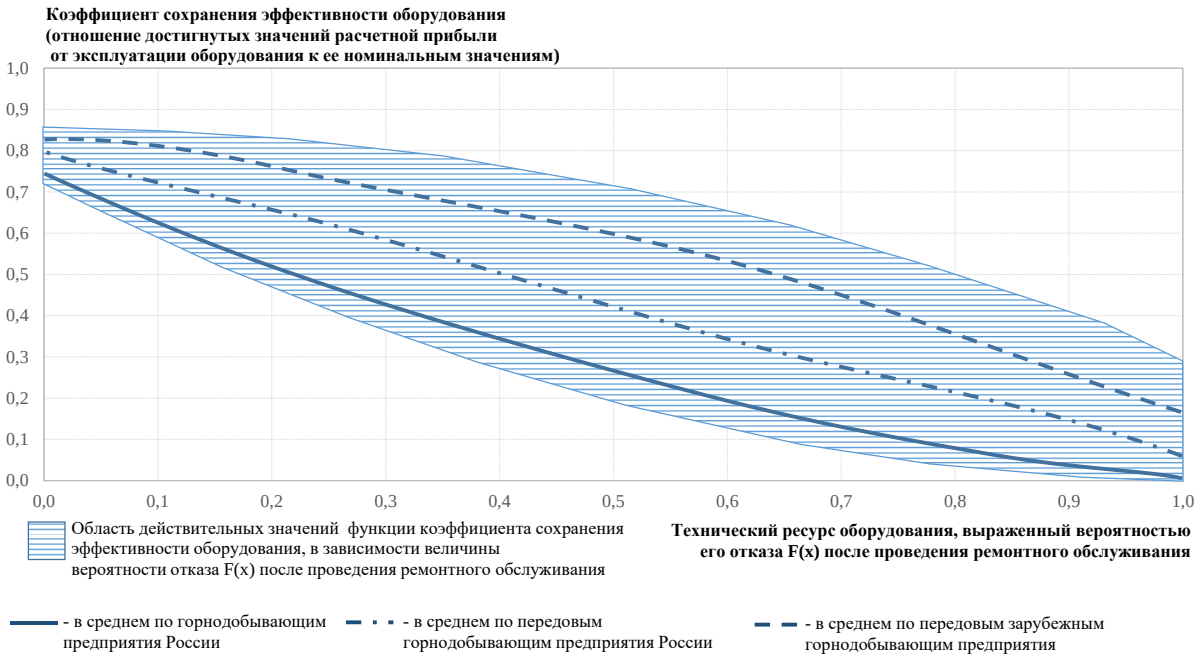


Рисунок 3.2.5 – Обобщенная область действительных значений коэффициента сохранения эффективности работы оборудования в зависимости от его технического ресурса

Выявленная область действительных значений коэффициента сохранения эффективности работы оборудования позволила установить, что в зависимости от качества условий работы и ремонтного обслуживания оборудования этот коэффициент может изменяться до 16 раз. С использованием выявленной области действительных значений коэффициента сохранения эффективности работы оборудования возможно определять экономически целесообразный срок его службы и обосновывать требуемые изменения качества параметров подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования.

Подход к обеспечению эффективности использования технического ресурса обусловливает эффективность использования финансовых средств на

эксплуатацию комплекса технологического горного оборудования. Сравнение совокупной стоимости владения однотипного оборудования с одинаковым сроком службы (более пяти лет), эксплуатируемого на предприятиях со схожими горно-геологическими условиями, показало существенное ее варьирование. Совокупная стоимость владения однотипным оборудованием со схожим сроком службы может различаться в 1,4-3,7 раза (рисунок 3.2.6) [243].

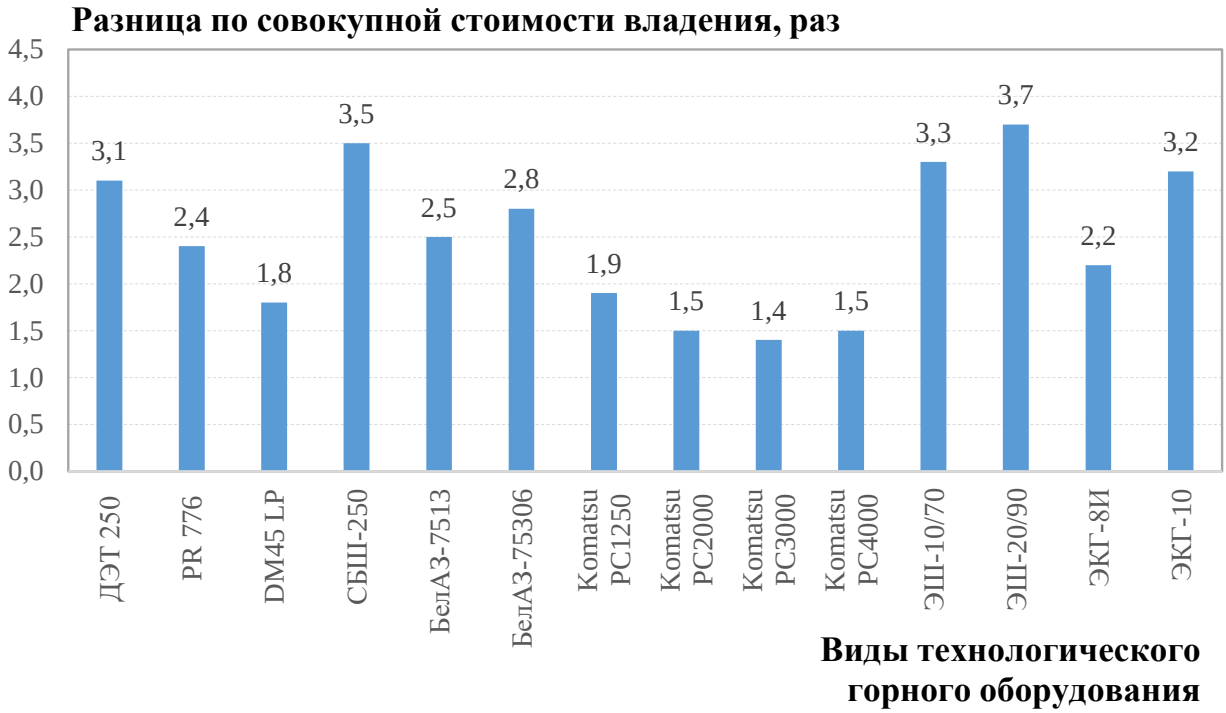


Рисунок 3.2.6 – Совокупная стоимость владения однотипным оборудованием с одинаковым сроком службы на предприятиях со схожими горно-геологическими условиями (к учету принималось оборудование со сроком эксплуатации более пяти лет)

В результате исследования установлено, что в процессе развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования важным для повышения эффективности расхода финансовых ресурсов является определение приоритетов по устранению причин внезапных отказов оборудования. Анализ более 300 актов расследования внезапных отказов оборудования, позволил сгруппировать его поломки на обусловленные подсистемой организации работы и подсистемой ремонтного обслуживания, а также количественно оценить экономический ущерб отказов. В качестве

примера на рисунке 3.2.7 представлено распределение количества внезапных отказов экскаваторов и экономического ущерба от них в ООО «Восточно-Бейский разрез» [234]. Экономический ущерб отказа определялся с учетом упущенной выгоды, обусловленной простоем оборудования и затратами на восстановление его работоспособности.

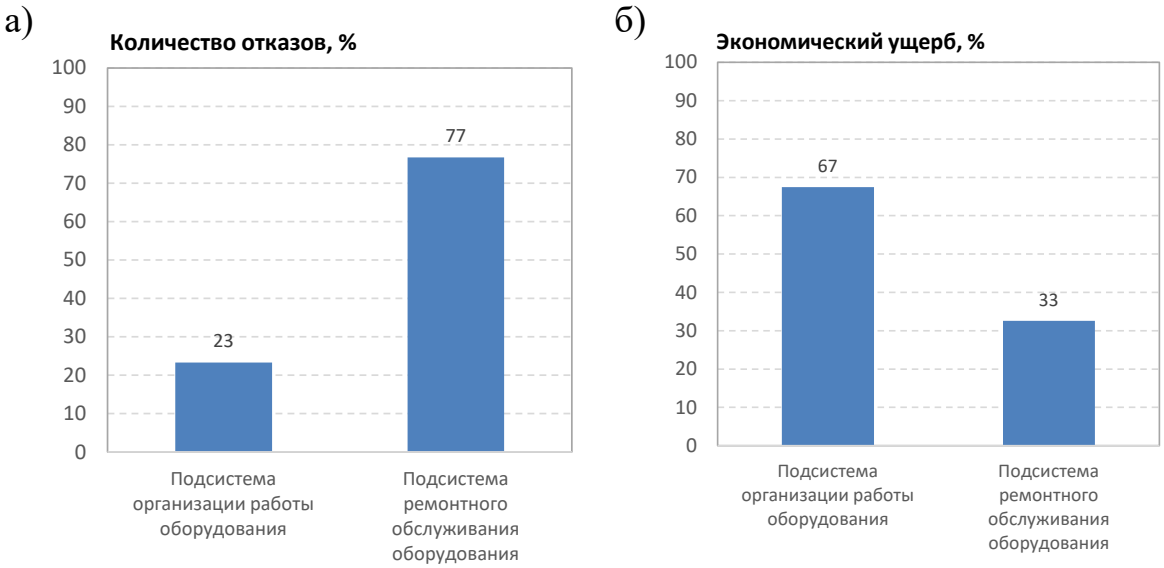


Рисунок 3.2.7 – Распределение по подсистемам системы эксплуатации экскаваторов: а) количества внезапных отказов горного оборудования и б) экономического ущерба от них
(по данным за январь-октябрь 2014 г.)

Было установлено, что при относительно низкой доле внезапных отказов, обусловленных подсистемой организации работы оборудования, экономический ущерб от них в среднем в 5-8 раз выше, чем ущерб от отказов, вызванных некачественным ремонтом. Это обусловлено тем, что в процессе работы оборудования при неудовлетворительном качестве рабочей среды и режимов происходят, как правило, «нестандартные поломки». Установленное соотношение количества и ущерба от внезапных отказов позволяет утверждать, что важным для решения задачи повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования становится процесс контроля за состоянием рабочей среды и режимами работы оборудования. Несмотря на это, сегодня основное внимание главного механика сконцентрировано на организации и проведении ремонта оборудования [207].

Анализ, оценка и сравнение результатов работы распространенных видов горного оборудования на представительном ряде горнодобывающих предприятий позволили выявить, что существует соотношение показателей качества условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, которое оказывает значимое влияние на ключевые технико-экономические показатели работы оборудования, определяющие эффективность производственной деятельности предприятия. К ним относятся эксплуатационная производительность горного оборудования, совокупная стоимость владения им, рациональный срок службы и коэффициент сохранения эффективности оборудования (таблица 3.2.20).

Таблица 3.2.20. Влияние качества условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования на технико-экономические показатели его работы

		Качество ремонтного обслуживания оборудования, балл			
		Высокое (7-9 баллов)	Среднее (4-6 баллов)	Низкое (1-3 балла)	
Качество условий работы оборудования, балл	Высокое (7-9 баллов)	$Q = 4 - 5$ $S^{вл} = 0{,}3 - 0{,}4$ $Т^{эк} = 1{,}6 - 1{,}8$ $К_{эф} = 10 - 16$	$Q = 3 - 4$ $S^{вл} = 0{,}4 - 0{,}6$ $Т^{эк} = 1{,}5 - 1{,}7$ $К_{эф} = 6 - 10$	$Q = 2{,}5 - 3{,}5$ $S^{вл} = 0{,}45 - 0{,}65$ $Т^{эк} = 1{,}2 - 1{,}4$ $К_{эф} = 5 - 9$	
	Среднее (4-6 баллов)	$Q = 3{,}5 - 4{,}5$ $S^{вл} = 0{,}35 - 0{,}5$ $Т^{эк} = 1{,}5 - 1{,}6$ $К_{эф} = 7 - 12$	$Q = 2{,}5 - 3{,}5$ $S^{вл} = 0{,}5 - 0{,}7$ $Т^{эк} = 1{,}3 - 1{,}5$ $К_{эф} = 4 - 9$	$Q = 1{,}5 - 2{,}0$ $S^{вл} = 0{,}8 - 0{,}9$ $Т^{эк} = 1{,}1 - 1{,}2$ $К_{эф} = 2 - 5$	
	Низкое (1-3 балла)	$Q = 2{,}5 - 3{,}5$ $S^{вл} = 0{,}5 - 0{,}6$ $Т^{эк} = 1{,}4 - 1{,}5$ $К_{эф} = 4 - 8$	$Q = 1{,}2 - 1{,}7$ $S^{вл} = 0{,}7 - 0{,}9$ $Т^{эк} = 1{,}0 - 1{,}1$ $К_{эф} = 2 - 4$	$Q = 1{,}0$ $S^{вл} = 1{,}0$ $Т^{эк} = 1{,}0$ $К_{эф} = 1{,}0$	**Исходные данные**

Q – годовая эксплуатационная производительность горного оборудования, раз.
$S^{вл}$ – совокупная стоимость владения горным оборудованием за весь срок его службы, раз.
$Т^{эк}$ – рациональный срок службы горного оборудования (время, в течение которого оборудование является рентабельным), раз.
$К_{эф}$ – коэффициент сохранения эффективности горного оборудования.
1,0 – значения показателей, принятые за единицу (исходные).
Характеристика взаимодействия подсистем системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования:
- комплементарное - компромиссное - конфликтное

Качество условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования является следствием качества выполнения функций подсистемами

организации работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования. Качество условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, представленное в таблице 3.2.20 балльными оценками, определяется как произведение баллов, отражающих качество выполнения функции подсистемой организации работы (таблица 3.2.21) и подсистемой ремонтного обслуживания (таблица 3.2.22). Данная шкала оценки качества выполнения функций подсистемами была разработана в ходе исследования результатов развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ряда горнодобывающих предприятий и является универсальной для различных видов технологического горного оборудования [234].

Таблица 3.2.21 – Характеристика качества выполнения функции подсистемой организации работы горного оборудования

Характеристика		**Качество, балл**
Рабочая среда	**Режим**	
Параметры рабочей среды и пространства соответствуют техническим характеристикам оборудования и обеспечивают полноценное использование технического ресурса оборудования при производстве продукции с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Профессионализм оператора и параметры рабочих циклов обеспечивают полноценное использование технического ресурса оборудования при производстве продукции с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Высокое, 3 балла
Параметры рабочей среды и пространства частично соответствуют техническим характеристикам оборудования, не обеспечивают полноценного использования технического ресурса оборудования, производство продукции в заданных объема и качества обеспечивается с повышенной себестоимостью	Профессионализм оператора и параметры рабочих циклов не обеспечивают полноценного использования технического ресурса оборудования, производство продукции заданных объема и качества обеспечивается с повышенной себестоимостью	Среднее, 2 балла
Параметры рабочей среды и пространства не соответствуют техническим характеристикам оборудования, не обеспечивают полноценного использования технического ресурса оборудования, не позволяют производить продукцию с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Профессионализм оператора и параметры рабочих циклов не обеспечивают полноценного использования технического ресурса оборудования, не позволяют производить продукцию с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Низкое, 1 балл

Таблица 3.2.22 – Характеристика качества выполнения функции подсистемой ремонтного обслуживания горного оборудования

Характеристика		**Качество, балл**
Технология	**Организация**	
Стратегия проведения ремонтов оборудования обеспечивает сохранение технического ресурса оборудования при производстве продукции с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Профессионализм персонала ремонтной службы и ремонтная инфраструктура обеспечивают сохранение технического ресурса оборудования при производстве продукции с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Высокое, 3 балла
Стратегия проведения ремонтов оборудования не обеспечивает сохранения технического ресурса оборудования, заданные объем и качество продукции обеспечиваются с повышенной себестоимостью	Профессионализм персонала ремонтной службы и ремонтная инфраструктура не обеспечивают сохранения технического ресурса оборудования, заданные объем и качество продукции обеспечиваются с повышенной себестоимостью	Среднее, 2 балла
Стратегия проведения ремонтов оборудования не обеспечивает сохранения технического ресурса оборудования, не позволяет производить продукцию с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Профессионализм персонала ремонтной службы и ремонтная инфраструктура не обеспечивают сохранения технического ресурса оборудования, не позволяют производить продукцию с заданными объемом, качеством и себестоимостью	Низкое, 1 балл

Разработанные характеристики позволяют выявлять подсистему с недостаточным качеством выполнения функции и на этой основе определять приоритеты в реализации решений по развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Определенное сочетание показателей качества условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, достигаемое повышением качества выполнения функций подсистемами, позволяет организовать их взаимодополняющую деятельность.

Таким образом, оценка возможности повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на горнодобывающих предприятиях России показала, что:

– работа оборудования на каждом этапе производственного цикла в среднем от 20 до 75% времени функционально взаимосвязана с работой оборудования смежных этапов цикла и обусловливается качеством их

совместной работы. Значимость качества взаимосвязи между оборудованием возрастает от начала производственного цикла с каждым последующим технологическим этапом;

– при относительно низкой доле внезапных отказов, обусловленных подсистемой организации работы оборудования, экономический ущерб от них в среднем в 5-8 раз выше, чем ущерб от отказов, вызванных некачественным ремонтом. Это обусловлено тем, что в процессе работы оборудования в неудовлетворительных условиях происходят, как правило, «нестандартные поломки», что обусловливает необходимость концентрации усилий при повышении эффективности системы эксплуатации не только на организации и проведении ремонта, но и на контроле за условиями работы оборудования;

– в зависимости от сочетания характеристик качества условий работы и ремонтного обслуживания эксплуатационная производительность оборудования может изменяться до 5 раз, совокупная стоимость владения – до 3 раз, коэффициент сохранения эффективности работы оборудования – до 16 раз, рациональный срок эксплуатации – до 1,8 раза.

3.3. Концепция развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Осмысление и обобщение опыта развития систем эксплуатации комплексов технологического горного оборудования, обеспечившего существенное повышение эффективности ряда передовых горнодобывающих предприятий, легли в основу разработанной концепции развития этой системы [244, 245]. Под концепцией в данной работе понимается система взглядов, выражающая понимание каких-либо явлений в природе и обществе или (и) предлагающая целостное решение проблемы. Концепция развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия заключается в том, что совершенствование этой системы достигается приведением ее подсистем во взаимосоответствующее и взаимодополняющее состояние [246]. В соответствии с этой концепцией взаимодействие между подсистемами

организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования рассматривается в виде ключевой связи, определяющей уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, что по сути представляет собой комплементарный подход к ее развитию [1, 247, 248].

В таблице 3.3.1 представлено сопоставление характеристик системы эксплуатации оборудования горнодобывающего предприятия, наиболее распространенных на отечественных предприятиях, и функционирующей в соответствии с разработанной концепцией. В таблице представлены подход к управлению системой эксплуатации, механизм реализации ее предназначения, характеристика взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования и результат функционирования системы.

Таблица 3.3.1. Характеристики системы эксплуатации оборудования

Типичное состояние системы для отечественных горнодобывающих предприятий	**Состояние системы при реализации предложенной концепции**
Управление системой эксплуатации	
Административное соединение подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования	Экономически выгодное объединение подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования в границах производственного цикла
Механизм реализации предназначения системы эксплуатации	
Управление параметрами парка горного оборудования: изменение единичной мощности, количества, особенностей конструкций	Управление деятельностью подсистем организации работы и ремонтного обслуживания: одновременное создание рациональных рабочей среды и режимов работы горного оборудования, а также технологии и организации ремонтного обслуживания
Взаимодействие подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования	
Взаимодействие характеризуется доминированием подсистемы организации работы оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания	Взаимосоответствующее и взаимодополняющее взаимодействие подсистем (комплементарное состояние)
Результат функционирования системы эксплуатации	
Выполнение плановых объемов производства в рамках сформированного бюджета	Выполнение плановых объемов производства при рациональном использовании ресурсов

Для освоения характеристик, соответствующих концептуальному представлению системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия, были исследованы применяемые модели формирования взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования. В основу применяемой в настоящее время модели формирования взаимодействия подсистем, как правило, положено представление о взаимоисключающей связи производительности оборудования и уровня его работоспособности – повышение производительности обеспечивается пренебрежением правилами обеспечения работоспособности, или наоборот. В результате реализации таких представлений трудовые и финансовые ресурсы направляются на повышение эффективности с последующим «дотягиванием» до необходимого уровня работоспособности либо наоборот. При этом в первом случае предприятие имеет повышенные риски внезапных отказов оборудования, во втором – недополучает доходы.

В связи с этим необходимо освоение модели формирования взаимодействия подсистем, в основе которой находится сопряженное повышение производительности и уровня работоспособности оборудования [249]. При этом устойчивость результатов применения такой модели зависит от параметров управленческих циклов – чем короче и непрерывнее циклы, тем точнее и устойчивее получаемые результаты, поскольку сокращаются недополученные доходы и снижаются риски внезапных отказов оборудования. На рисунке 3.3.1 (а, б) представлены модели повышения уровня работоспособности и производительности оборудования:

I – наиболее распространенное представление о взаимосвязи уровня работоспособности и производительности оборудования;

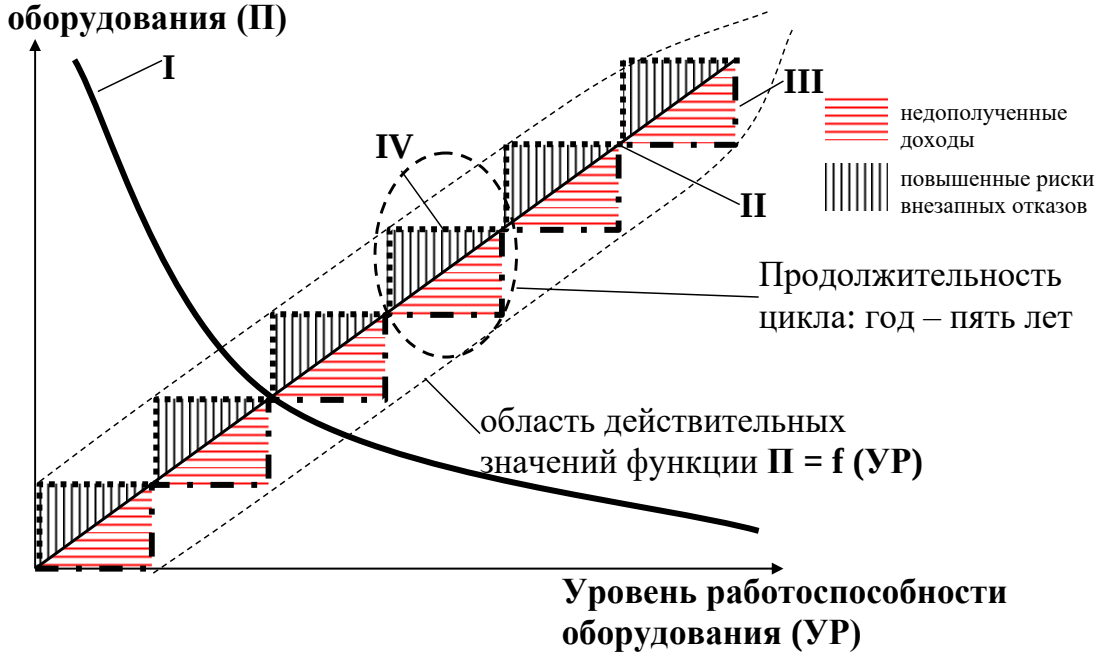
II – взаимосвязь уровня работоспособности и производительности оборудования, необходимая для успешного управления предприятием;

III – опережающее, по сравнению с ростом производительности оборудования, повышение уровня его работоспособности;

IV – «дотягивание» уровня работоспособности оборудования до требуемого уровня при опережающем росте его производительности;

V – короткие циклы с небольшой амплитудой: непрерывное совершенствование производства на каждом уровне управления.

а)



б)

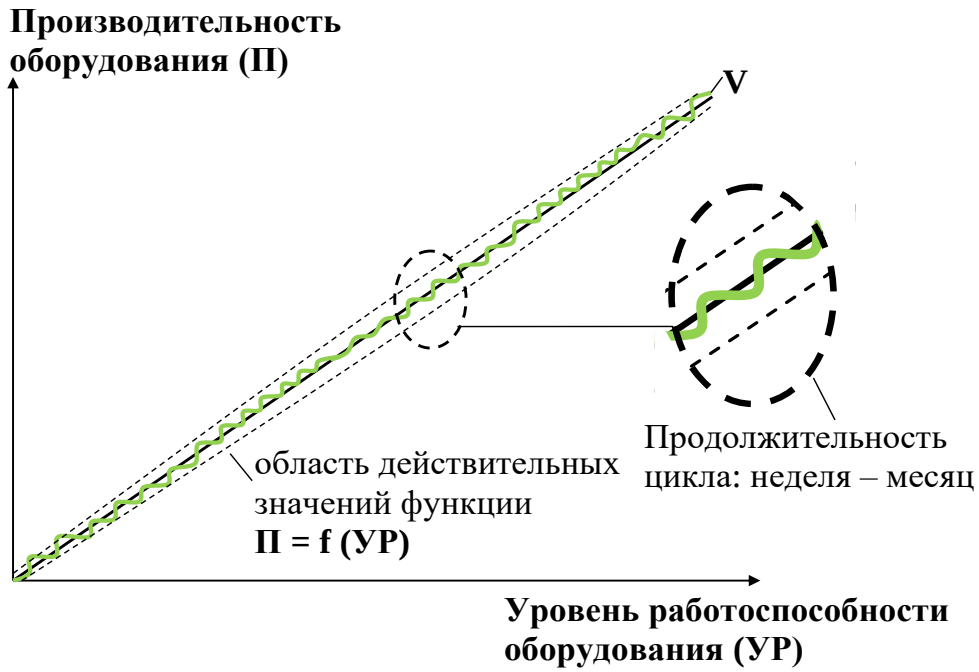


Рисунок 3.3.1 – Модели повышения уровня работоспособности и производительности оборудования: а) дискретная, б) непрерывная

Для снижения рисков возникновения отказов оборудования в процессе повышения его производительности требуется непрерывное выявление факторов, которые негативно влияют на техническое состояние оборудования. Выявление факторов, негативно влияющих на техническое состояние оборудования, позволяет посредством реализации соответствующих решений перевести внезапные отказы в категорию прогнозируемых. Общая схема повышения эксплуатационной надежности оборудования комплекса технологического горного оборудования представлена на рисунке 3.3.2.

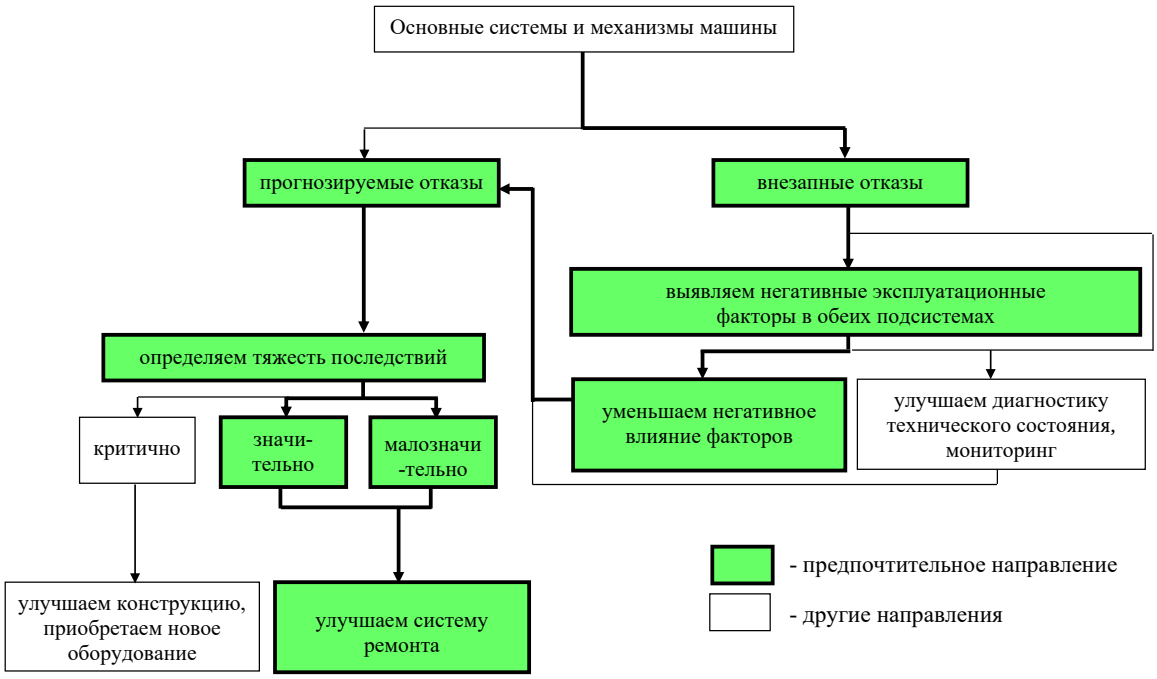


Рисунок 3.3.2 – Общая схема повышения эксплуатационной надежности комплекса технологического горного оборудования

Освоение модели сопряженного повышения производительности и уровня работоспособности оборудования требует воздействия на структурные связи системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. На основе обобщения выявленных взаимосвязей, определяющих результаты взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, и закономерностей функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования определены ее структурные связи (рисунок 3.3.3). Воздействие на структурные связи системы с учетом выявленных

закономерностей ее функционирования при условии разработки критерия и показателей функционирования этой системы позволит характеристики системы эксплуатации планомерно привести в соответствие с концептуальным представлением.

Рисунок 3.3.3 – Структурные связи системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия

Таким образом, на основе осмысления и обобщения опыта развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования сформулирована концепция ее развития. Охарактеризованы подход к управлению системой эксплуатации, механизм реализации ее предназначения, взаимодействие подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, а также результат функционирования системы соответствующие наиболее распространенной системе эксплуатации оборудования и концептуальному представлению.

Выявлено, что в основу применяемой в настоящее время модели формирования взаимодействия между подсистемами организации работы и

ремонтного обслуживания оборудования, как правило, положено представление о взаимоисключающей связи производительности оборудования и уровня его работоспособности – повышение производительности обеспечивается пренебрежением правилами обеспечения работоспособности, или наоборот. Необходимо освоение модели управления, в основе которой сопряженное повышение как производительности, так и уровня работоспособности оборудования.

Выявлены структурные связи в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, что позволяет выработать критерий и показатели функционирования этой системы для планомерного освоения характеристик системы эксплуатации в соответствии с концептуальным представлением и обеспечения сопряженного повышения производительности и уровня работоспособности оборудования.

Выводы по 3 главе

1. Исследование и обобщение опыта горнодобывающих предприятий по развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволило выявить, что к наиболее существенным можно отнести следующие проблемы, затрудняющие развитие рассматриваемой системы: отношение к процессу развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования сформировано как к второстепенной задаче и, соответственно, даже при острой необходимости осуществляется с большими потерями времени; взаимодействие работников в подсистемах сформировано таким образом, что руководитель выполняет значительную часть функций за своего подчиненного, что не позволяет переориентировать деятельность работников на решение задач развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования; в системе управления производственной деятельностью слабо развита функция подготовки персонала подсистем по осуществлению преобразования результатов своей

деятельности для повышения эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

2. Выявлена область действительных значений показателей работы оборудования на отечественных горнодобывающих предприятиях в зависимости от сочетания характеристик качества условий его работы и ремонтного обслуживания: диапазон области изменения величин эксплуатационной производительности оборудования достигает 5 раз, совокупной стоимости владения им – 3 раз, коэффициента сохранения эффективности оборудования – 16 раз, рационального срока его службы – 1,8 раз. Значения этих показателей представляют собой результат полноценности реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

3. Сформулирована концепция развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, заключающаяся в рассмотрении взаимодействия между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования в виде ключевой связи, определяющей уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

4. Осуществлено обобщение характеристик системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, соответствующее концептуальному представлению. Обосновано, что для освоения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, соответствующей концептуальному представлению, необходимо применение модели формирования взаимодействия ее подсистем, в основе которой – сопряженное повышение производительности оборудования и уровня его работоспособности.

Глава 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1. Критерий и показатели функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Горнодобывающее предприятие как горнотехническая система обеспечивает добычу полезного ископаемого на основе формирования и осуществления производственного цикла посредством функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования (рисунок 4.1.1). Под производственным циклом понимается совокупность работ для производства единицы продукции, выполняемых комплексом технологического горного оборудования, начиная с подготовки горной массы к выемке и заканчивая процессами складирования готовой продукции для последующей отгрузки потребителю.

Рисунок 4.1.1 – Горнодобывающее предприятие как горнотехническая система

Одной из ключевых характеристик горнотехнической системы является длительность производственного цикла, традиционно понимаемая как календарный период времени, в течение которого извлекаемое из недр полезное ископаемое проходит все технологические этапы до стадии

готовности к отгрузке потребителю. Такое понимание длительности производственного цикла позволяет оценивать продолжительность выполнения технологических операций на каждом этапе производственного цикла. Однако в связи с параллельно-последовательным осуществлением многих операций в производственном цикле данное понимание не позволяет оценивать эффективность использования всех затрачиваемых горным оборудованием машино-часов на предприятии. В связи с этим разработан новый показатель – приведенная длительность производственного цикла. Под приведенной длительностью производственного цикла понимается суммарная приведенная продолжительность работы комплекса технологического горного оборудования, направленной на обеспечение прохождения единицей полезного ископаемого всех производственных этапов – от подготовки горной массы к выемке до складирования готовой продукции для последующей отгрузки потребителю.

Приведенная длительность производственного цикла $\mathrm{T}_{\text{ф}}^{\text{пц}}$ (маш.-ч/м^3) рассчитывается по формуле:

$$\mathrm{T}_{\text{ф}}^{\text{пц}} = t_{\text{ф}}^{\text{п}}/V\,, \qquad (4.1.1)$$

где $t_{\text{ф}}^{\text{п}}$ – фактическая сумма приведенных машино-часов работы горного оборудования, задействованного на всех этапах производственного цикла, маш.-ч; V – объем извлечения горной массы, м^3.

Применение приведенных, а не фактических машино-часов работы горного оборудования предлагается в связи с тем, что в производственном цикле задействованы различные виды оборудования и суммирование фактических машино-часов работы всех единиц оборудования будет не корректным, поскольку не позволит учесть вклад более мощного оборудования в результаты производственного цикла, по сравнению с менее мощным. Сумма приведенных машино-часов $t_{\text{ф}}^{\text{п}}$ (маш.-ч) рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{ф}}^{\text{п}} = \sum_{i=1}^{n} \text{Т}_i^{\text{ф}} \cdot \text{А}^i / \text{А}^{max}\,, \qquad (4.1.2)$$

где $\text{Т}_i^{\text{ф}}$ – фактическое время технического использования і-й единицы горного оборудования за исключением времени на регламентированные технологические простои и ремонтное обслуживание, ч; А^i – фактическая механическая работа, выполняемая і-й единицей горного оборудования, МДж; А^{max} – максимальная механическая работа, выполняемая единицей горного оборудования в производственном цикле предприятия, МДж.

Фактическое время технического использования единицы горного оборудования $\text{Т}_i^{\text{ф}}$ (ч) определяется по формуле:

$$\text{Т}_i^{\text{ф}} = \text{КФВ} - \text{Т}_{\text{ТП}}^{\text{р}i} - \text{Т}_{\text{РО}}^{\text{р}i}\,, \qquad (4.1.3)$$

где КФВ – календарный фонд времени, ч; $\text{Т}_{\text{ТП}}^{\text{р}i}$ – регламентированное время технологических простоев, необходимое для выполнения фактического объема работ і-й единицей горного оборудования, ч; $\text{Т}_{\text{РО}}^{\text{р}i}$ – регламентированное время ремонтного обслуживания, необходимое для выполнения фактического объема работ і-й единицей горного оборудования, ч.

Механическая работа, выполняемая единицей горного оборудования, А^i (МДж), определяется по формуле:

$$\text{А}^i = E_{\text{дв}}^i \cdot \eta_{\text{дв}}^i \cdot 3{,}6\,, \qquad (4.1.4)$$

где $E_{\text{дв}}^i$ – энергия, которую двигатель преобразует большую часть времени за рассматриваемый период при фактических рабочей среде и режимах работы на і-й единице горного оборудования, кВт·ч; $\eta_{\text{дв}}^i$ – коэффициент полезного действия двигателя і-й единицы горного оборудования; 3,6 – коэффициент перевода кВт·ч в МДж.

Для оценки резервов сокращения приведенной длительности производственного цикла, освоение которых достигается посредством

повышения времени производительной работы горного оборудования, предложена формула расчета потенциальной (максимально возможной при наилучших условиях) его длительности $\mathrm{T}_{\mathrm{п}}^{\mathrm{пц}}$ (маш.-ч/м^3):

$$\mathrm{T}_{\mathrm{п}}^{\mathrm{пц}} = t_{\mathrm{п}}^{\mathrm{п}}/V, \qquad (4.1.5)$$

где $t_{\mathrm{п}}^{\mathrm{п}}$ – потенциальная сумма приведенных машино-часов работы горного оборудования, задействованного на всех этапах производственного цикла, маш.-ч.

Потенциальная сумма приведенных машино-часов работы горного оборудования $t_{\mathrm{п}}^{\mathrm{п}}$ (маш.-ч) определяется по формуле:

$$t_{\mathrm{п}}^{\mathrm{п}} = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{T}_{\mathrm{ф}i}^{\mathrm{пти}} \cdot \mathrm{A}^{i}/\mathrm{A}^{max}, \qquad (4.1.6)$$

где $\mathrm{T}_{\mathrm{ф}i}^{\mathrm{пти}}$ – фактическое время производительной работы i-й единицы горного оборудования, ч. Определяется для каждого вида оборудования на основе расчета времени, которое потребовалось бы затратить на выполнение произведенного оборудованием объема работы в рациональной рабочей среде и при рациональных режимах его функционирования.

Предложенные формулы позволяют оценивать уровень использования всех затрачиваемых машино-часов горного оборудования, а также приведенную длительность производственного цикла горнодобывающих предприятий и резервы ее сокращения вне зависимости от технологии разработки месторождения и применяемых видов горного оборудования.

Оценку эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предлагается осуществлять с использованием коэффициента сохранения эффективности оборудования, под которым понимается отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают [241, 242]. В качестве показателя сохранения эффективности для всего комплекса технологического

горного оборудования в данной работе предлагается использовать расчетную прибыль оборудования.

Первый этап оценки расчетной прибыли оборудования заключается в определении на исследуемом горном предприятии в рассматриваемом периоде его деятельности суммарного объема механической работы *A* (МДж), выполненной оборудованием во всем производственном цикле по формуле:

$$A = \sum_{i}^{n} A^{i} , \qquad (4.1.7)$$

где A^{i} – объём выполненной механической работы i-ой единицей оборудования, занятого в производственном цикле предприятия, за рассматриваемый период (формула 4.1.4), МДж; n – количество единиц оборудования, занятого в производственном цикле предприятия, ед.

Далее определяется фактическая удельная выручка предприятия, приходящаяся на 1 МДж работы, выполненной комплексом технологического горного оборудования $\mathrm{В_{уд}}$ (тыс. руб/МДж) за рассматриваемый период, по формуле:

$$\mathrm{В_{уд}} = \mathrm{В_0/А} , \qquad (4.1.8)$$

где $\mathrm{В_0}$ – условная выручка горнодобывающего предприятия за рассматриваемый период, тыс. руб.

$$\mathrm{В_0} = \mathrm{В} - \sum_{1}^{T} \mathrm{З_П}, \qquad (4.1.9)$$

где В – фактическая выручка горнодобывающего предприятия за рассматриваемый период, тыс. руб.; T – рассматриваемый период эксплуатации оборудования, год; $\mathrm{З_П}$ – сумма расходов предприятия за рассматриваемый период, напрямую не списываемых на эксплуатацию каждой единицы оборудования (могут включать в себя расходы на оплату

труда высшего руководства предприятия, содержание зданий и сооружений и т.п.), тыс. руб.

Формулу определения фактической удельной выручки возможно применять для последующего вычисления расчетной прибыли оборудования при фактических ценах на продукцию предприятия, а также для сравнения расчётной прибыли между оборудованием в рамках одного предприятия. Для определения прогнозируемой расчетной прибыли предприятия в условиях изменения цены на его продукцию, либо для сравнения расчетной прибыли оборудования между предприятиями разработан показатель приведенной удельной выручки $В_{уд}^{прив}$ (тыс. руб/МДж), рассчитываемый по формуле:

$$В_{уд}^{прив} = (К_Ц \cdot В_0)/(A \cdot К_с), \quad (4.1.10)$$

где $К_Ц$ – коэффициент, позволяющий моделировать варианты изменения цены на продукцию ($К_Ц$ = 1 при оценке величины расчетной прибыли, полученной по оборудованию, в условиях сохранения цены на продукцию; $К_Ц > 1$ – в условиях роста цены на продукцию; $К_Ц < 1$ – в условиях снижения цены на продукцию); $К_с$ – коэффициент, позволяющий учитывать специфику горно-геологических и горнотехнических условий сравниваемых предприятиях. Например, для сравнения горных предприятий, осуществляющих открытую разработку месторождений полезных ископаемых, $К_с$ может рассчитываться как отношение их коэффициентов вскрыши.

На следующем этапе осуществляется расчет затрат на приобретение и эксплуатацию каждой единицы оборудования предприятия с целью последующего их вычитания из расчетной выручки, приходящейся на эти машины. Это позволяет определять расчетную прибыль каждой единицы оборудования и всего комплекса технологического горного оборудования. Предложено для расчета затрат на приобретение и эксплуатацию каждой единицы оборудования применять формулу вычисления величины совокупной стоимости владения оборудованием $S_i^{вл}$ (тыс. руб.). Для каждой

единицы оборудования, эксплуатируемого на горных предприятиях, данную формулу можно представить в следующем общем виде:

$$S_i^{\text{вл}} = S_i^{\text{п}} + \sum_{1}^{T} З_i^{\text{ЭиР}}, \qquad (4.1.11)$$

где $S_i^{\text{п}}$ – рыночная стоимость i-ой единицы оборудования на конец рассматриваемого периода, тыс. руб.; $З_i^{\text{ЭиР}}$– затраты, напрямую списываемые на эксплуатацию i-ой единицы оборудования за рассматриваемый период (могут включать в себя расходы на оплату труда операционного персонала, покупку запасных частей, ГСМ и т.п.), тыс. руб. Показатель $З_i^{\text{ЭиР}}$ не включает в себя амортизационные отчисления, т.к. они учитываются показателем $S_i^{\text{п}}$.

При оценке эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования расчет стоимости владения основывается на уже сформированных в прошедших периодах значениях $S_i^{\text{п}}$, $З_i^{\text{ЭиР}}$и T. При решении задачи прогнозирования эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия значение $З_i^{\text{ЭиР}}$ определяется на основе результатов факторного анализа, позволяющего спрогнозировать изменение стоимости владения оборудованием при различном качестве рабочей среды и режимах его эксплуатации, а также – технологии и организации ремонтного обслуживания. Как правило, определяющее влияние на величину $З_i^{\text{ЭиР}}$ оказывают такие факторы, как годовая производительность оборудования, срок службы, качество и продолжительность проведения операций ремонтного обслуживания, качество рабочей среды и режимов эксплуатации. Было выявлено, что каждый из этих факторов может обусловливать изменение величины годовых эксплуатационных затрат в 2-4 раза (см. рисунки 2.2.5, 2.2.8, 2.2.11, параграф 2.2). При выявлении влияния нескольких факторов на показатели совокупной стоимости владения формируется комплексная экономико-математическая модель, учитывающая эти факторы. Экономико-

математическая модель – это математическое описание взаимосвязей технико-экономических показателей, позволяющее их исследовать и управлять ими. Проработка экономико-математической модели производится с учетом комбинаций всех выявленных канонических уравнений (линейное, полиномиальное, логарифмическое, экспоненциальное, степенное и т.д.).

В качестве примера формирования экономико-математической модели, описывающей влияние параметров системы эксплуатации оборудования на его совокупную стоимость владения представлены результаты ее разработки на примере автосамосвалов БелАЗ-75306 и экскаваторов Komatsu PC4000 разреза «Черногорский». Проведенное исследование связей параметров системы эксплуатации и характеристик производственного цикла данного разреза показало, что на совокупную стоимость владения автосамосвалами БелАЗ-75306 ключевое влияние оказывают их годовая производительность и срок службы (см.рисунки 2.2.5, 2.2.8, параграф 2.2). А на совокупную стоимость владения экскаваторами Komatsu PC4000 – срок службы и качество взрывания горной массы, определяемое величиной удельного расхода ВВ (см.рисунки 2.2.2, 2.2.3, параграф 2.2). Для формирования многофакторного уравнения, описывающего изменение совокупной стоимости владения этими машинами под влиянием обоих ключевых факторов, было осуществлено моделирование канонических уравнений с использованием инструмента регрессионного анализа надстройки MS Excel «Анализ данных». В качестве входного интервала Y были выбраны данные по совокупной стоимости владения каждой машиной, а в качестве входных интервалов X были определены данные по каждому ключевому фактору, а также квадрат значений входных параметров X и значения их натурального логарифма. Исходные канонические уравнения представлены в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1. Канонические уравнения для моделирования формулы расчета совокупной стоимости владения оборудованием

№ п/п	Каноническое уравнение
1	$Y = a \cdot X_1 + b \cdot X_2 + const$
2	$Y = a \cdot X_1 + b \cdot X_2$
3	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_2^2 + const$
4	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_2^2$
5	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_1 + c \cdot X_2^2 + const$
6	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_1 + c \cdot X_2^2$
7	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_2^2 + c \cdot X_2 + const$
8	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_2^2 + c \cdot X_2$
9	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_1 + c \cdot X_2^2 + d \cdot X_2 + const$
10	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_1 + c \cdot X_2^2 + d \cdot X_2$
11	$Y = a \cdot ln(X_1) + b \cdot ln(X_2) + const$
12	$Y = a \cdot ln(X_1) + b \cdot ln(X_2)$
13	$Y = a \cdot ln(X_1) + b \cdot X_2 + const$
14	$Y = a \cdot ln(X_1) + X_2$
15	$Y = a \cdot X_1 + b \cdot ln(X_2) + const$
16	$Y = a \cdot X_1 + b \cdot ln(X_2)$
17	$Y = a \cdot ln(X_1) + b \cdot X_2^2 + const$
18	$Y = a \cdot ln(X_1) + b \cdot X_2^2$
19	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot ln(X_2) + const$
20	$Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot ln(X_2)$

По каждому уравнению, представленному в таблице 4.1.1, был осуществлен расчет значений коэффициентов *a, b, c, d*, характеризующих условную величину влияния производительности и срока службы на стоимость владения, а также расчет значения свободной константы (*const*), характеризующей возможное влияние других факторов производства (Приложение В). Полученные по каждому уравнению формулы для автосамосвалов БелАЗ-75306, коэффициент их аппроксимации, представлены в таблице 4.1.2. По каждой формуле был осуществлен расчет значений стоимости владения оборудованием и определена степень их соответствия фактическим значениям. Также по данным формулам была проведена проверка возможности осуществления расчетов совокупной стоимости владения оборудованием в долгосрочной перспективе.

Таблица 4.1.2. Формулы расчета совокупной стоимости владения автосамосвалами БелАЗ-75306

№ п/п	Смоделированная формула	Коэффициент аппроксимации (R^2)	Степень соответствия расчетных значений стоимости владения фактическим, %	Возможность моделировать стоимость владения оборудованием при сроке его эксплуатации более 10 лет
1	$Y = 5{,}8 \cdot X_1 + 7485{,}7 \cdot X_2 - 12619{,}9$	0,58	80,0	Имеется
2	$Y = 4{,}2 \cdot X_1 + 7213{,}5 \cdot X_2$	0,95	79,2	Имеется
3	$Y = 0{,}0004 \cdot X_1^2 + 1070{,}0 \cdot X_2^2 + 15552{,}2$	0,50	77,4	Отсутствует
4	$Y = 0{,}0006 \cdot X_1^2 + 1241{,}3 \cdot X_2^2$	0,93	77,0	Отсутствует
5	$Y = -0{,}0006 \cdot X_1^2 + 16{,}5 \cdot X_1 + 991{,}6 \cdot X_2^2 - 43273$	0,51	78,0	Отсутствует
6	$Y = 0{,}0001 \cdot X_1^2 + 4{,}5 \cdot X_1 + 1039{,}6 \cdot X_2^2$	0,94	77,6	Отсутствует
7	$Y = 0{,}0002 \cdot X_1^2 - 2354{,}8 \cdot X_2^2 + 22201{,}1 \cdot X_2 - -2286{,}6$	0,64	82,4	Отсутствует
8	$Y = 0{,}0002 \cdot X_1^2 - 2203{,}9 \cdot X_2^2 + 21121{,}6 \cdot X_2$	0,96	82,3	Отсутствует
9	$Y = -0{,}0004 \cdot X_1^2 + 10{,}2 \cdot X_1 - 2301{,}9 \cdot X_2^2 + +21542{,}6 \cdot X_2 - 38369{,}1$	0,65	82,4	Отсутствует

Продолжение таблицы 4.1.2

№ п/п	Смоделированная формула	Коэффициент аппроксимации (R^2)	Степень соответствия расчетных значений стоимости владения фактическим, %	Возможность моделировать стоимость владения оборудованием при сроке его эксплуатации более 10 лет
10	$Y = 0{,}0002 \cdot X_1^2 - 0{,}3 \cdot X_1 - 2282{,}7 \cdot X_2^2 + +21694{,}9 \cdot X_2$	0,95	82,4	Отсутствует
11	$Y = 31506{,}6 \cdot ln(X_1) + 19152{,}5 \cdot ln(X_2) - 245212{,}2$	0,63	81,7	Имеется
12	$Y = 3667{,}5 \cdot ln(X_1) + 21767{,}0 \cdot ln(X_2)$	0,94	80,0	Имеется
13	$Y = 41523{,}2 \cdot ln(X_1) + 7297{,}7 \cdot X_2 - 338150{,}2$	0,58	80,0	Имеется
14	$Y = 3242{,}2 \cdot ln(X_1) + 8063{,}4 \cdot X_2$	0,93	76,2	Имеется
15	$Y = 4{,}4 \cdot X_1 + 19503{,}9 \cdot ln(X_2) + 1974{,}6$	0,62	81,2	Имеется
16	$Y = 4{,}6 \cdot X_1 + 19472{,}1 \cdot ln(X_2)$	0,95	81,7	Имеется
17	$Y = 48407{,}0 \cdot ln(X_1) + 1003{,}2 \cdot X_2^2 - 388910{,}9$	0,51	77,9	Отсутствует
18	$Y = 4593{,}9 \cdot ln(X_1) + 1059{,}6 \cdot X_2^2$	0,92	73,2	Отсутствует
19	$Y = 0{,}0002 \cdot X_1^2 + 19919{,}3 \cdot ln(X_2) + 17945{,}2$	0,62	81,8	Имеется
20	$Y = 0{,}0005 \cdot X_1^2 + 21977{,}7 \cdot ln(X_2)$	0,94	78,5	Имеется

По представленным в таблице 4.1.2 формулам и их характеристикам был сделан вывод, что самыми высокими коэффициентом аппроксимации и степенью соответствия обладает формула №16. Таким образом экономико-математическую модель, позволяющую рассчитывать совокупную стоимость владения $S_i^{вл}$ (тыс. руб.) автосамосвалами БелАЗ-75306 в условиях разреза «Черногорский», можно представить в виде формулы:

$$S_i^{вл} = 4{,}6 \cdot X_1 + 19472{,}1 \cdot ln(X_2), \quad (4.1.12)$$

где X_1 – годовая производительность среднесписочного автосамосвала, тыс. ткм; X_2 – срок службы среднесписочного автосамосвала, лет.

Полученные по каждому каноническому уравнению формулы для экскаваторов Komatsu PC4000, коэффициент их аппроксимации представлены в таблице 4.1.3. По аналогии с автосамосвалами БелАЗ-75306 по каждой формуле был осуществлен расчет значений стоимости владения оборудованием и определена степень их соответствия фактическим значениям (Приложение В). Также по данным формулам была проведена проверка возможности осуществления расчетов совокупной стоимости владения оборудованием в долгосрочной перспективе.

По представленным в таблице 4.1.3 формулам и их характеристикам был сделан вывод, что самыми высокими коэффициентом аппроксимации и степенью соответствия обладает формула №1. Исходя из проведенного регрессионного анализа был сделан вывод, что значение $S_i^{вл}$ (тыс. руб.) для каждого года эксплуатации экскаваторов следует определять по формуле:

$$S_i^{вл} = -224514 \cdot X_1 + 9944{,}2 \cdot X_2 + 187496{,}6 \quad (4.1.13)$$

где X_1 – удельный расход ВВ, кг/м^3; X_2 – срок службы среднесписочного экскаватора, лет.

Таблица 4.1.3. Формулы расчета совокупной стоимости владения экскаваторами Komatsu PC4000

№ п/п	Смоделированная формула	Коэффициент аппроксимации (R^2)	Степень соответствия расчетных значений стоимости владения фактическим, %	Возможность моделировать стоимость владения оборудованием при сроке его эксплуатации более 15 лет
1	$Y = -224514 \cdot X_1 + 9944{,}2 \cdot X_2 + 187496{,}6$	0,91	0,76	Имеется
2	$Y = 9072{,}375 \cdot X_2 + 11444{,}1 \cdot X_3$	0,70	0,74	Имеется
3	$Y = -261338 \cdot X_2^2 + 1117{,}8 \cdot X_3^2 + 187602{,}7$	0,58	0,78	Имеется
4	$Y = 35658 \cdot X_2^2 + 1505{,}5 \cdot X_3^2$	0,85	0,71	Отсутствует
5	$Y = -10187970 \cdot X_2^2 + 15640703 \cdot X_2 + 1041 \cdot X_3^2 - 5967656$	0,61	0,73	Отсутствует
6	$Y = -568776{,}5 \cdot X_2^2 + 480592{,}9 \cdot X_2 + 1112{,}3 \cdot X_3^2$	0,88	0,78	Отсутствует
7	$Y = -56088 \cdot X_2^2 - 2245 \cdot X_3^2 + 25419{,}5 \cdot X_3 + 28446{,}2$	0,79	0,77	Отсутствует
8	$Y = -13366{,}7 \cdot X_2^2 - 2368{,}9 \cdot X_3^2 + 26677{,}7 \cdot X_3$	0,94	0,77	Отсутствует
9	$Y = -8470591{,}5 \cdot X_2^2 + 13251876 \cdot X_2 - 2244{,}8 \cdot X_3^2 + +24926{,}6 \cdot X_3 - 5183625{,}2$	0,81	0,79	Отсутствует

Продолжение таблицы 4.1.3

№ п/п	Смоделированная формула	Коэффициент аппроксимации (R^2)	Степень соответствия расчетных значений стоимости владения фактическим	Возможность моделировать стоимость владения оборудованием при сроке его эксплуатации более 10 лет
10	$Y = -107727{,}1 \cdot X_2^2 + 76988{,}1 \cdot X_2 - 2237 \cdot X_3^2 + 25335{,}5 \cdot X_3$	0,94	0,77	Отсутствует
11	$Y = -257776{,}2 \cdot \ln(X_2) + 15504{,}9 \cdot \ln(X_3) - 32447{,}9$	0,68	0,75	Отсутствует
12	$Y = -122722{,}3 \cdot \ln(X_2) + 16875{,}2 \cdot \ln(X_3)$	0,90	0,73	Отсутствует
13	$Y = -173593{,}7 \cdot \ln(X_2) + 9976{,}7 \cdot X_3 - 30924{,}5$	0,70	0,76	Отсутствует
14	$Y = -38814{,}5 \cdot \ln(X_2) + 10777 \cdot X_3$	0,91	0,74	Отсутствует
15	$Y = -332570{,}2 \cdot X_2 + 15448{,}1 \cdot \ln(X_3) + 291147$	0,68	0,75	Отсутствует
16	$Y = 36008{,}2 \cdot X_2 + 18861 \cdot \ln(X_3)$	0,89	0,72	Имеется
17	$Y = -317748 \cdot \ln(X_2) + 1128{,}1 \cdot X_3^2 - 50716{,}5$	0,58	0,77	Имеется
18	$Y = -104215 \cdot \ln(X_2) + 1294 \cdot X_3^2$	0,87	0,72	Имеется
19	$Y = -214204{,}7 \cdot X_2^2 + 15393{,}6 \cdot \ln(X_3) + 162206{,}5$	0,68	0,75	Отсутствует
20	$Y = 45146{,}7 \cdot X_2^2 + 19286 \cdot \ln(X_3)$	0,88	0,71	Отсутствует

В результате расчета величин фактической удельной выручки (формула 4.1.8), приведенной удельной выручки (формула 4.1.10) и стоимости владения оборудованием предприятия (формула 4.1.11) становится возможным вычислять величину расчетной прибыли по каждой единицей оборудования предприятия в условиях:

– одного предприятия и фактического изменения цены на его продукцию $П_{рi}^{ф}$ (тыс. руб.) по формуле:

$$П_{рi}^{ф} = A^{i} \cdot В_{уд} - S_{i}^{вл} \quad (4.1.14)$$

– прогнозируемого изменения цены на продукцию предприятия или в условиях необходимости произвести сравнение между разными предприятиями $П_{рi}^{п}$ (тыс. руб.) по формуле:

$$П_{рi}^{п} = A^{i} \cdot В_{уд}^{прив} - S_{i}^{вл} \quad (4.1.15)$$

Итоговую оценку эффективности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия предлагается осуществлять по формулам:

– определения фактической эффективности $Р_{э}^{ф}$ по формуле:

$$Р_{э}^{ф} = \sum_{1}^{n} П_{рi}^{ф} / \sum_{1}^{n} S_{i}^{вл} \ , \quad (4.1.16)$$

– определения прогнозируемой эффективности $Р_{э}^{п}$ по формуле:

$$Р_{э}^{п} = \sum_{1}^{n} П_{рi}^{п} / \sum_{1}^{n} S_{i}^{вл}, \quad (4.1.17)$$

Применение разработанных показателей позволило выявить зависимость себестоимости производства от приведенной длительности производственного цикла и определить траекторию совершенствования типового (в отношении осуществляемых преобразований) динамично

развивающегося угледобывающего предприятия – разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» (рисунок 4.1.2).

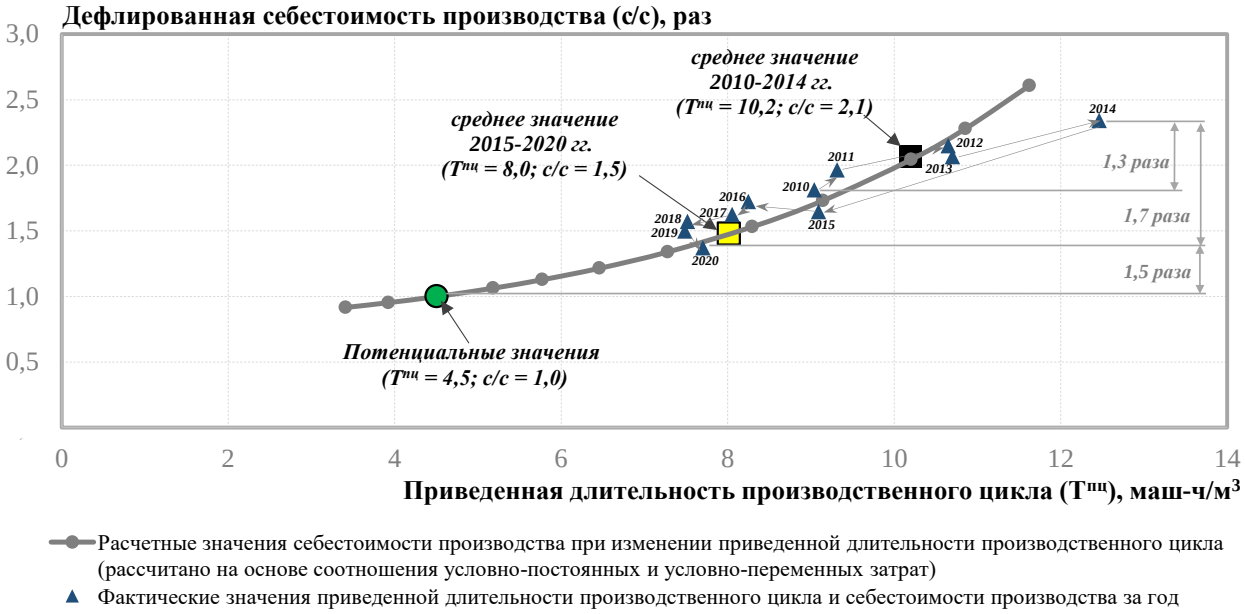


Рисунок 4.1.2 – Зависимость себестоимости производства от приведенной длительности производственного цикла на разрезе «Черногорский»

Разрез «Черногорский» в период 2010-2020 гг. характеризовался равномерным ежегодным возрастанием объемов производства. Анализ траектории показал, что в период 2010-2014 гг. произошел рост величины приведенной длительности производственного цикла в 1,4 раза и себестоимости производства – в 1,3 раза, что не способствовало повышению эффективности предприятия (рисунок 4.1.3). Выявленный рост значений данных показателей был связан с тем, что повышение объема добычи обеспечивалось преимущественно за счет увеличения количества оборудования на горных работах, то есть реализовывались локальные улучшения по отдельным видам или группам горного оборудования без изменения взаимосвязей в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования [250].

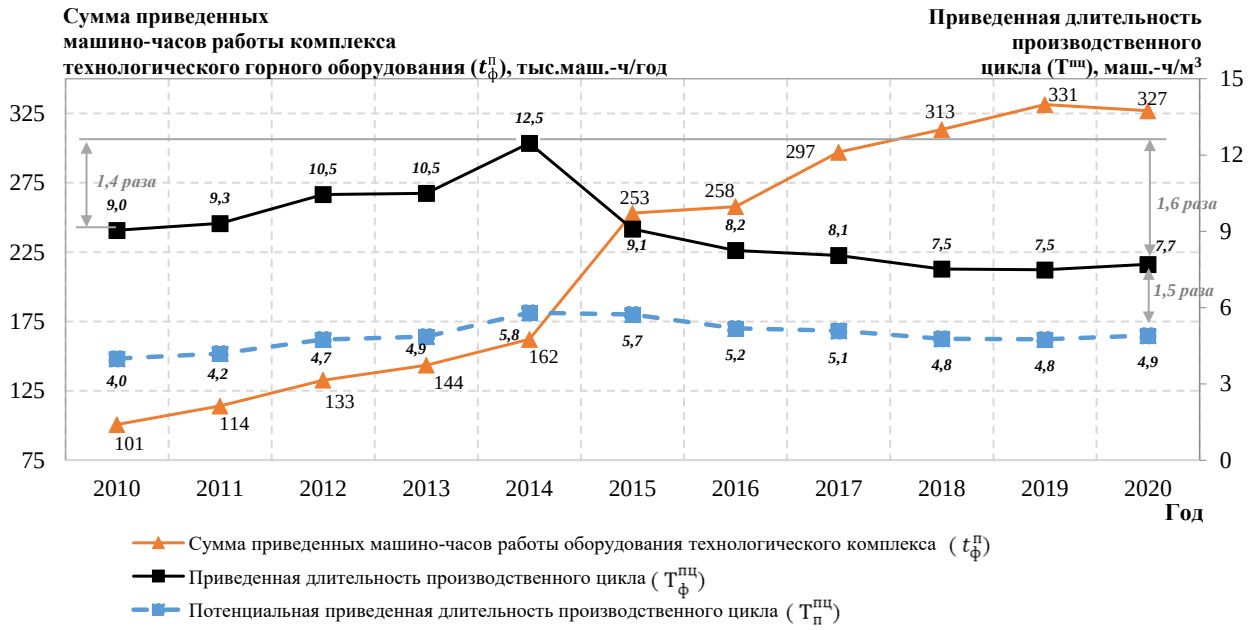


Рисунок 4.1.3 – Показатели работы комплекса технологического горного оборудования на разрезе «Черногорский»

Также было выявлено, что в условиях исследуемого разреза срок окупаемости автосамосвалов БелАЗ-7513 составляет 0,6 года. При этом с учетом динамики рыночных цен на автосамосвалы данной модели возможность покупки нового автосамосвала БелАЗ-7513 за счет расчетной прибыли, приносимой уже эксплуатируемой машиной, появляется на 2-ой год ее эксплуатации. При установленном сроке эксплуатации БелАЗ-7513 на исследуемом предприятии в 8 лет, уже на 3-й год расчетная годовая прибыль этих машин уменьшается в 6-10 раз. Определено, что в общем парке этих машин около 15% на 5-6 год эксплуатации становятся убыточными. Т.е. стоимость владения этими машинами превышает величину приносимой ими расчетной прибыли. Расчетным путем было установлено, что улучшение параметров системы эксплуатации автосамосвалов БелАЗ-7513 позволило повысить общую расчетную прибыль парка этих машин за жизненный цикл на 15-20% [243].

Данный результат был достигнут благодаря тому, что на разрезе в период 2015-2020 гг. для увеличения объема добычи, сопровождающегося снижением значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, наряду с локальными улучшениями на предприятии

осуществляли изменение структуры системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования посредством совершенствования взаимодействия подсистем организации его работы и ремонтного обслуживания. Совершенствование заключалось в приведении этих подсистем во взаимосоответствующее и взаимодополняющее состояние. Взаимодействие между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования рассматривалось в виде ключевой связи, определяющей уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, что по сути представляет собой комплементарный подход к ее развитию. Результаты аналогичных подходов к развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на других ведущих горнодобывающих предприятиях России позволяют утверждать, что уровень взаимосоответствия и уровень взаимодополнения подсистем являются основными составляющими критерия развития этой системы [250].

В качестве показателя, характеризующего уровень взаимосоответствия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, автором предложено применять разработанный коэффициент взаимосоответствия $K_{\text{вс}}$:

$$K_{\text{вс}} = 1 - \left| K_{\text{ор}}^{\text{ф}} - K_{\text{ро}}^{\text{ф}} \right|, \qquad (4.1.18)$$

где $K_{\text{ор}}^{\text{ф}}$ и $K_{\text{ро}}^{\text{ф}}$ – соответственно коэффициенты, отражающие результаты реализации функции подсистемой организации работы горного оборудования (4.1.19) и подсистемой ремонтного обслуживания горного оборудования (4.1.20).

$$K_{\text{ор}}^{\text{ф}} = \text{Т}_{\text{ф}}^{\text{пвр}} / \text{Т}_{\text{п}}^{\text{пвр}}, \qquad (4.1.19)$$

где $\text{Т}_{\text{ф}}^{\text{пвр}}$, $\text{Т}_{\text{п}}^{\text{пвр}}$ – соответственно фактическое и потенциальное время производительной работы горного оборудования, ч.

$$K_{\text{ро}}^{\text{ф}} = \text{Т}_{\text{п}}^{\text{вро}} / \text{Т}_{\text{ф}}^{\text{вро}}, \quad (4.1.20)$$

где $\text{Т}_{\text{п}}^{\text{вро}}$, $\text{Т}_{\text{ф}}^{\text{вро}}$ – соответственно потенциальное производительное и фактическое время ремонтного обслуживания горного оборудования, ч. Под потенциальным производительным временем ремонтного обслуживания горного оборудования понимается интервал, в течение которого этот процесс возможно выполнить с рациональными параметрами [1, 223, 269].

Для оценки уровня взаимодополнения подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования разработан показатель $K_{\text{вд}}$, позволяющий оценить степень слаженности этих подсистем при достижении требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции. Данный показатель изменяется в диапазоне от 0 (подсистемы противодействуют друг другу) до 1 (подсистемы взаимодополняют друг друга) и рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{вд}} = \sum \text{П}_i \, / 8, \quad (4.1.21)$$

где $\sum \text{П}_i$– сумма баллов характеристик показателей взаимодополнения подсистем (таблица 4.1.4), балл; 8 – максимальная сумма баллов характеристик показателей взаимодополнения подсистем, балл.

Показатели взаимодополнения характеризуются качеством планирования (ПП), организации (ПО), мотивации (ПМ) и контроля (ПК) в подсистемах при достижении требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции (таблица 4.1.4) [160].

Таблица 4.1.4. Характеристика взаимодополнения подсистем при повышении уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Характеристика взаимодействия	**Функция управления подсистем**			
	Планирование ($П_П$)	**Организация ($П_О$)**	**Мотивация ($П_М$)**	**Контроль ($П_К$)**
Взаимодополняющее взаимодействие (оценка: 2 балла)	Планируется деятельность по взаимосогласованному решению задач совершенствования взаимодействия подсистем посредством повышения качества реализации функций и должностных обязанностей персонала, обеспечивающих достижение требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции	Совместная деятельность подсистем, обеспечивающая достижение требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции	Формируются взаимовыгодные отношения персонала при взаимодействии подсистем по достижению требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции	Реализуется взаимоконтроль подсистемами достижения требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции
Несогласованное, обособленное взаимодействие (оценка: 1 балл)	Деятельность по решению задач, направленных на достижение требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, планируется подсистемами несогласованно, в отдельности друг от друга	Деятельность подсистем, направленная на достижение требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, организовывается подсистемами несогласованно, в отдельности друг от друга	Формируется интерес к повышению качества реализации функций в подсистемах несогласованно, в отдельности друг от друга	Подсистемами обособленно контролируются результаты повышения качества реализации функций
Деятельность только одной из подсистем (оценка: 0 баллов)	Деятельность по решению задач, направленных на достижение требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, планируется только в одной из подсистем	Деятельность, направленная на достижение требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, организовывается только в одной из подсистем	Формируется интерес к повышению качества реализации функции только в одной из подсистем	Результаты повышения качества реализации функции контролируются только в одной из подсистем

Одновременное взаимосоответствие и взаимодополнение подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования образуют свойство комплементарности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, способствующее улучшению характеристик производственного цикла горнодобывающего предприятия. Комплементарность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования $П^{к}$ предложено использовать в качестве критерия развития этой системы. Критерий $П^{к}$ рассчитывается по формуле:

$$П^{к} = K_{вс} \cdot K_{вд}, \quad (4.1.22)$$

На представительном количестве горнодобывающих предприятий России было осуществлено опробование разработанных критерия и показателей, а также проведены анализ и оценка достигнутой комплементарности систем эксплуатации комплекса технологического горного оборудования этих предприятий. Опробование разработанных критерия и показателей позволило выявить, что в результате их применения возможно устанавливать рациональное соотношение параметров работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, что обеспечивает сокращение приведенной длительности производственного цикла и уменьшение себестоимости производства продукции более чем в 1,5 раза. На рисунке 4.1.4 в общем виде представлен график изменения комплементарности подсистем системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и характеристик производственного цикла предприятия.

Также проведенные анализ и оценка позволили установить характерные интервалы значений показателя комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования и соответствующие этим интервалам значения приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции (таблица 4.1.5).

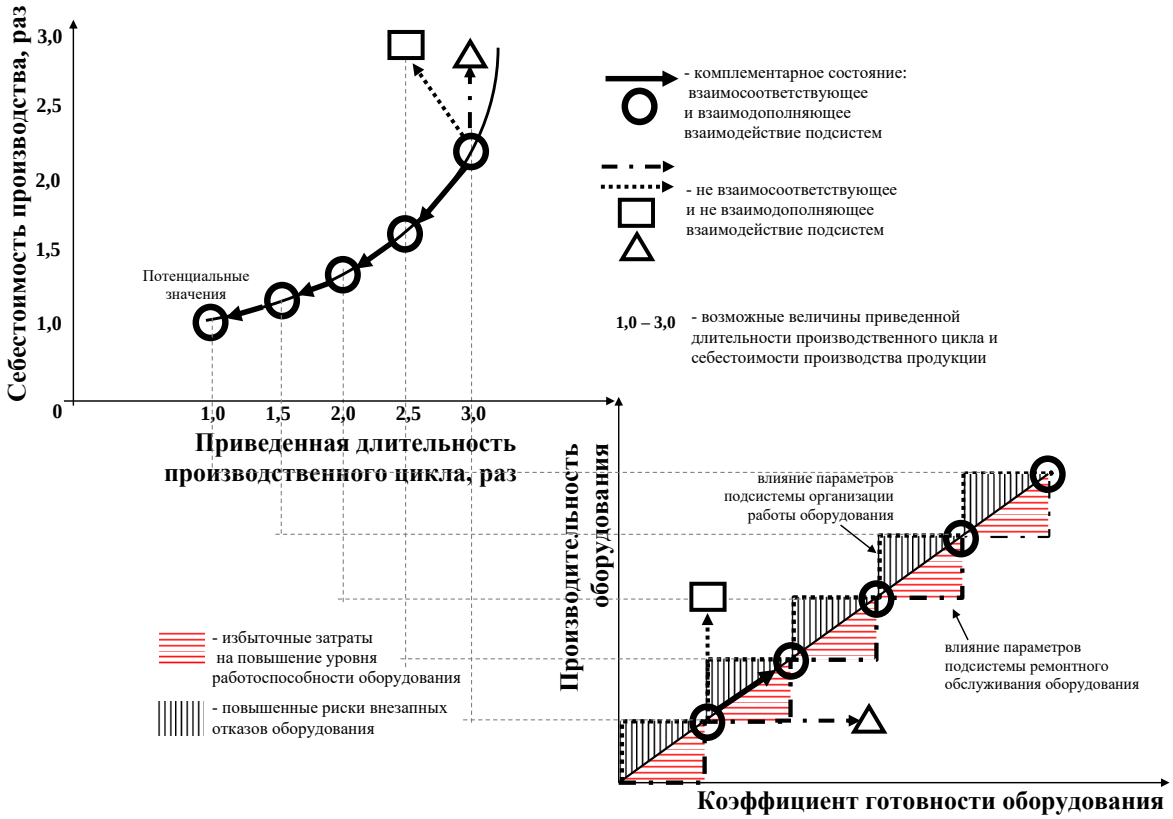


Рисунок 4.1.4 – График изменения комплементарности подсистем системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и характеристик производственного цикла предприятия

Таблица 4.1.5. Характеристика комплементарности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Характерные интервалы показателя комплементарности подсистем $П^к$	**Характеристика взаимодействия подсистем**	**Влияние параметров работы и ремонтного обслуживания горного оборудования на характеристики производственного цикла предприятия**
>0,7	Комплементарное: взаимосоответствующее и взаимодополняющее взаимодействие подсистем	Достигаются минимально возможные значения приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции
0,2-0,7	Компромиссное: взаимосоответствующее, но не взаимодополняющее взаимодействие подсистем	Приведенная длительность производственного цикла и себестоимость производства продукции не менее чем в 1,5 раза превышают минимально возможные значения
<0,2	Конфликтное: рассогласованное взаимодействие подсистем	Приведенная длительность производственного цикла и себестоимость производства продукции более чем в 2 раза превышают минимально возможные значения

Результаты исследования подтверждают целесообразность применения показателя комплементарности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования в качестве критерия ее развития, позволяющего обосновывать рациональные параметры работы и ремонтного обслуживания горного оборудования – для достижения требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции. Определено, что в настоящее время значение показателя комплементарности на отечественных горнодобывающих предприятиях в среднем не превышает 0,2. Выявленные закономерности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволяют сделать вывод, что превышение показателя комплементарности значения 0,7 обеспечивает возможность существенного одновременного сокращения приведенной длительности производственного цикла предприятия и себестоимости производства продукции.

Выявленная траектория развития разреза «Черногорский» и других горнодобывающих предприятий подтверждает, что эффективная эксплуатация комплекса технологического горного оборудования достигается развитием системы его эксплуатации на основе использования комплементарного подхода с применением обоснованных показателей приведенной длительности производственного цикла предприятия и себестоимости производства. Также результаты исследования влияния результатов функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на характеристики производственного цикла позволили произвести уточнение понятия системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, под которой автором предложено понимать единство подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования технологического комплекса, обеспечивающее осуществление производственного цикла горнодобывающего предприятия с определенной его длительностью и себестоимостью производства [1, 250].

4.2. Механизм и методы обеспечения комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования

По результатам проведенных исследований определено, что в основе развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия находится результат взаимодействия двух ее подсистем: организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания. Результат взаимодействия этих подсистем может быть охарактеризован как конфликтное взаимодействие, когда их деятельность противоречит друг другу; компромиссный, в случае, когда подсистемы идут на взаимные уступки с потерей своей результативности; комплементарный, если деятельность подсистем является взаимосоответствующей и взаимодополняющей. Взаимосоответствие в развитии подсистем обеспечивается формированием возможностей для достижения рационального соотношения параметров работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, не приводящего, с одной стороны, к повышенным рискам отказов оборудования и, с другой, – к перерасходу ресурсов на обеспечение его работоспособности. Взаимодополнение подсистем достигается формированием в них специфических функций, необходимых для организации совместной деятельности по достижению требуемых значений указанных показателей. Освоение комплементарного взаимодействия подсистем требует системных преобразований, регламентирующих правила их работы. Системные преобразования являются результатом действия механизма, нацеливающего подсистемы на определенное взаимодействие, и применения методов, позволяющих полноценно осуществлять деятельность для достижения цели предприятия.

При исследовании предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия и алгоритмов его реализации выявлено, что существующая форма управления подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания оборудования характеризуется как жесткое администрирование при рассогласованном взаимодействии подсистем (см. параграф 2.1). Такое управление приводит к существенным потерям рабочего времени оборудования и персонала, а также

к снижению качества реализации функций подсистем организации работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования. Для формирования условий, при которых взаимодействие этих подсистем будет характеризоваться как комплементарное, требуется обеспечение гибкого и согласованного их взаимодействия.

Механизм обеспечения комплементарности взаимодействия подсистем должен обеспечивать такое взаимодействие подсистем, при котором достигаются необходимые результаты взаимодействия подразделений предприятия, выполняющих разные технологические этапы производственного цикла [251, 252].

К примеру, анализ существующей системы взаимодействия структурных подразделений ПАО «Ураласбест» показал, что применяемый на предприятии подход к оценке эффективности структурных подразделений и модель их взаимодействия мотивируют и нацеливают специалистов на снижение затрат в каждом отдельном подразделении предприятия, в большинстве случаев без учета интереса других подразделений (рисунок 4.2.1). В результате, в масштабе всего комбината эффективность расходования ресурсов снижается. Таким образом каждое подразделение в структуре комбината является экономически обособленным от других и, по сути, не заинтересовано в эффективности всей системы – управление подразделениями осуществляется отдельно каждым (рисунок 4.2.2). Взаимоувязанность технологических процессов при этом остается на низком уровне.

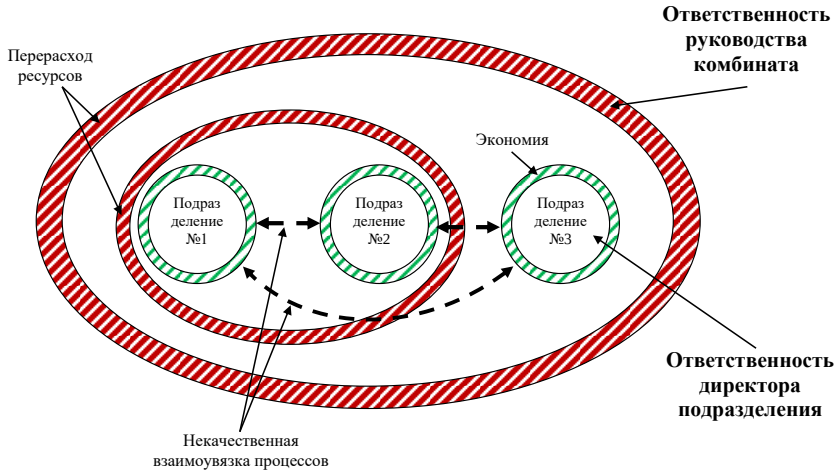
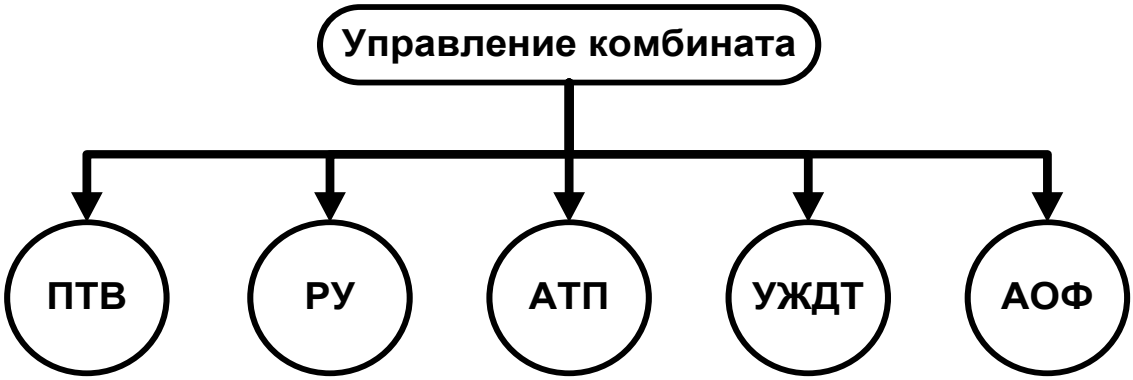


Рисунок 4.2.1 – Существующая модель взаимодействия структурных подразделений ПАО «Ураласбест»



ПТВ – предприятие, осуществляющее буровзрывные работы; РУ – предприятие, осуществляющее экскавацию горной массы; АТП – предприятие, осуществляющее транспортирование горной массы автосамосвалами; УЖДТ – предприятие, осуществляющее транспортирование горной железнодорожным транспортом; АОФ – предприятие, осуществляющее обогащение полезного ископаемого

Рисунок 4.2.2 – Существующая модель управления производством в ПАО «Ураласбест» до 2016г.

С целью повышения уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ПАО «Ураласбест» была произведена комплексная работа по установлению факторов, определяющих экономические потери из-за несогласованной работы структурных подразделений комбината. В частности, факторы, определяющие экономические потери структурных подразделений РУ и ПТВ представлены в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1. Факторы, определяющие экономические потери структурных подразделений РУ и ПТВ

Показатель	**Влияющий фактор**	**Последствия**	**Кто влияет**
Качество подготовленной взрывом горной массы	Некачественное исполнение проекта на бурение	При сгущении сетки уменьшается объем ВВ в скважине – увеличивается выход негабарита.	ПТВ
	Отсутствие корректировки ошибок, полученных при бурении на стадии заряжания скважин	При увеличенном расстоянии между скважинами – плохая проработка подошвы уступа. При отклонении по глубине пробуренных скважин – плохая проработка подошвы, оставленные целики. Увеличиваются затраты на ремонт экскаваторов и на разделку негабарита и порогов, снижается время производительной работы экскаватора	ПТВ

Продолжение таблицы 4.2.1

Показатель	Влияющий фактор	Последствия	Кто влияет
Качество подготовленной взрывом горной массы	Некачественная подготовка поверхности площади под бурение взрывного блока	Некачественное исполнение проекта на бурение, смещение сетки скважин, увеличение времени на подготовку блока к взрыву, невозможность осуществления качественной зарядки скважин из-за невозможности или отсутствия подъезда. Увеличиваются затраты на ремонт и содержание зарядных машин, бурового оборудования, экскаваторов и автосамосвалов, снижается время производительной работы экскаватора, увеличивается время простоя оборудования и затраты на разделку негабарита и образующихся порогов	РУ
	Негабариты, оставленные на смежных площадках взрывного блока	Снижается качество взорванной горной массы, возникает необходимость в повторной работе экскаватора по разборке и раскладке негабарита, возникает недостоверная информация по учету выхода негабарита при производстве массового взрыва. Увеличиваются затраты на ремонт экскаваторов и снижается время производительной их работы	РУ, ПТВ
	Уменьшение объема взрывчатых веществ в скважинах	Снижается качество взорванной горной массы. Увеличиваются затраты на ремонт экскаваторов и снижается время производительной их работы	РУ
	Отсутствие учета объема выхода негабарита	Отсутствие учета качества взрыва и, соответственно, мероприятий по снижению выхода негабарита	РУ, ПТВ
Период исполнения	Смещение времени проведения взрыва	Увеличивается время простоя оборудования (экскаваторы, автосамосвалы, ж/д транспорт), снижается производительность фабрики	ПТВ
	Частота взрывания составляет 2-3 раза в неделю (возможно 1 раз в неделю)	Увеличивается время простоя оборудования	ПТВ, РУ
	Несвоевременно проведенная подготовка блока для бурения	Увеличивается время простоя бурового станка, происходит смещение графиков буровых работ и, соответственно, взрывных работ	РУ
	Участие рудника в организации работ по подготовке блока к взрыву при незапланированных объемах	Увеличивается время простоя бурового оборудования, возникают дополнительные затраты на его перегон, происходит смещение графиков буровых работ и, соответственно, взрывных работ	РУ

В качестве примера влияния установленных выше факторов представлен расчет взаимообусловливаемых экономических потерь РУ и ПТВ при производстве взрывных работ, произведенных 26.09.2017 г.:

1. Потери, обусловливаемые работами по разделке негабарита.

Объем горной массы, планируемой к взрыву – 113 000 м^3 (два взрыва).

Выход негабарита в среднем составил 10%, что эквивалентно 11300 м^3.

Разделке подлежит около 30% негабарита.

Таким образом, объем работ по разделке негабарита (с одного взрыва) составляет (11300 · 30)/100 = 3390 м^3.

Удельные затраты на эксплуатацию гидромолота – 158 руб/м^3 (58,3 руб/т).

Затраты на разделку негабарита составляют 3390 · 158 = 535 620 руб.

2. Потери, обусловливаемые уменьшением времени выполнения экскаваторами своей функции из-за их перегона из зоны проведена взрывных работ.

Суммарная продолжительность перегона 9 экскаваторов из зоны проведения взрывных работ составила 21,5 часов.

Упущенная выгода из-за потери одного часа рабочего времени экскаватора – 230 000 руб/час.

Общие потери, обусловливаемые 21,5 часами перегона экскаваторов, составили 21,5 · 230 000 = 4 945 000 руб.

3. Потери, обусловливаемые ожиданием завершения взрывных работ ремонтной бригады.

Потери рабочего времени ремонтной бригады составили 2 часа.

Стоимость 1 рабочего часа ремонтной бригады – 5 619 руб/час.

Суммарные потери из-за ожидания завершения взрывных работ ремонтной бригадой составили 11 238 руб.

4. Потери, обусловливаемые увеличением затрат на ремонтное обслуживание экскаваторов из-за наличия в забое негабарита.

Увеличение удельных затрат на ремонтное обслуживание среднесписочного экскаватора при работе в забое с долей содержания негабарита 10% составляет 0,48 руб/т.

В условиях карьера ПАО «Ураласбест» при плотности горной массы равной 2,71 т/м^3 потери, обусловливаемые увеличением затрат на ремонтное обслуживание экскаваторов из-за наличия в забое негабарита, составляют 113 000 · 2,71 · 0,48 = 146 900 руб.

5. Потери, обусловливаемые непроизводительной работой экскаватора в развале с негабаритами.

Производительность среднесписочного экскаватора при работе на перевалке – 438,3 т/час, а при работе в развале взорванной горной массы – 178,6 т/час.

Объем горной массы для экскавации 113 000 · 2,71 = 306 230 т.

Продолжительность экскавации горной массы при производительной работе экскаватора составит 306·230/438,3 = 698,6 часа (29,1 суток), а при экскавации данного объема в развале взорванной горной массы – 306·230/178,6 = 1 714,6 часа (71,4 суток).

Разница между производительной работой и работой экскаватора в условиях экскавации в развале взорванной горной массы составляет 42,3 суток (1015,2 ч), что является потерей времени производительной работы экскаватора. Следовательно, потери, обусловливаемые непроизводительной работой экскаватора в развале с негабаритами, составляют 1015,2 · 230 000 = 233 496 000 руб.

Результаты расчета суммарных потерь при производстве одного взрыва и выемке взорванной горной массы из развала с наличием негабарита представлены в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2. Потери, обусловливаемые некомплементарным взаимодействием РУ и ПТВ

№ п/п	Статья затрат	Сумма, руб
1	Потери, обусловливаемые работами по разделке негабарита	535 620
2	Потери, обусловливаемые уменьшением времени выполнения экскаваторами своей функции из-за их перегона из зоны проведения взрывных работ	4 945 000
3	Потери, обусловливаемые ожиданием завершения взрывных работ ремонтной бригады	11 238
4	Потери, обусловливаемые увеличением затрат на ремонтное обслуживание экскаваторов из-за наличия в забое негабарита	146 900
5	Потери, обусловливаемые непроизводительной работой экскаватора в развале с негабаритами	233 496 000
6	**Суммарные потери**	**239 134 758**

Целесообразная модель взаимодействия подразделений предполагает объединение интересов и ответственности систем эксплуатации оборудования разных структурных подразделений с качественной взаимоувязкой процессов (рисунок 4.2.3). В отдельном подразделении при обосновании могут быть увеличены затраты с целью повышения эффективности работы всего производственного цикла предприятия.

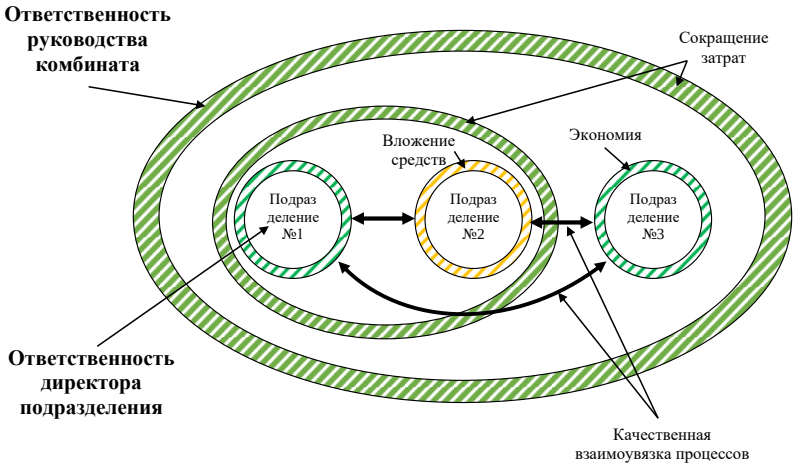


Рисунок 4.2.3 – Предлагаемая модель взаимодействия структурных подразделений

Предлагаемая модель взаимодействия основана на управлении экономикой выделенных групп и элементов системы, которые находятся в партнерских отношениях, то есть обоюдно заинтересованы в достижении общей цели и соблюдении баланса интересов.

Достижение взаимовыгодного взаимодействия подразделений предприятия, выполняющих разные технологические этапы производственного цикла, в свою очередь является целевым результатом реализации механизма, формирующего комплементарное взаимодействие подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования подразделений. Для обеспечения единства деятельности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования по достижению целей развития предприятия целесообразно использовать организационно-экономический механизм формирования рыночных отношений, позволяющий сформировать равноценные и взаимовыгодные отношения между этими подсистемами [253]. Этот механизм включает в себя: услуги с показателями их качества; методы формирования внутренней цены услуг, использования внутренней прибыли и применения санкций при убытке; порядок приема-сдачи услуг, учета дохода и расхода, а также внутренний договор на оказание услуг.

В качестве примера формирования равноценных и взаимовыгодных отношений между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания оборудования по достижению целей развития предприятия представлена работа по освоению рассматриваемого механизма на примере Рудоуправления ПАО «Ураласбест». На предприятии были определены основные услуги, оказываемые ремонтно-электромеханическим цехом (РЭМЦ), отделом главного энергетика (ОГЭ), отделом главного механика (ОГМ), производственным отделом и центральным горным цехом (ЦГЦ). Для каждой услуги были определены ее потребители среди рассматриваемых отделов и цехов, а также услуги, оказываемые асбестовой обогатительной фабрике (АОФ). Результаты данной работы представлены в таблице 4.2.3.

Таблица 4.2.3. Основные услуги, оказываемые РЭМЦ, ОГЭ, ОГМ, производственным отделом и ЦГЦ Рудоуправления, а также потребители этих услуг

ПОСТАВЩИКИ УСЛУГИ	***ПОТРЕБИТЕЛИ УСЛУГИ***					
	РЭМЦ	**ОГЭ**	**ОГМ**	**Производственный отдел**	**ЦГЦ**	**АОФ**
РЭМЦ		Ведение учета выполненных ремонтов электрических систем экскаваторов в программном обеспечении «ИСУП»	Ведение учета выполненных ремонтов механических систем экскаваторов в программном обеспечении «ИСУП»	–	Обеспечение требуемой работоспособности экскаваторов с приемлемыми затратами	Обеспечение требуемой работоспособности экскаваторов на складе готовой продукции с приемлемыми затратами
ОГЭ	Планирование и подготовка выполнения ППР и ТОиР электрических систем экскаваторов с приемлемыми затратами		–	Согласование графиков выполнения ППР, ТОиР с графиками выполнения объемов производства	Контроль условий и режимов эксплуатации электрических систем экскаваторов	–
ОГМ	Планирование и подготовка выполнения ППР и ТОиР механических систем экскаваторов с приемлемыми затратами	–		Согласование графиков выполнения ППР, ТОиР с графиками выполнения объемов производства	Контроль условий и режимов эксплуатации механических систем экскаваторов	–
Производственный отдел	Своевременное обеспечение спец.техникой для проведения ремонтов экскаваторов	–	–		Обеспечение эффективного взаимодействия ЦГЦ, ЦГО и АТП. Своевременное обеспечение спец.техникой и ЛЭП для формирования требуемых условий экскавации	–
ЦГЦ	Обеспечение условий для выполнения ремонтов экскаваторов	Ежесменное формирование сведений о выявленных неисправностях электрических систем экскаваторов	Ежесменное формирование сведений о выявленных неисправностях механических систем экскаваторов	Формирование сведений о фактической работоспособности парка экскаваторов на начало и конец смены		Обеспечение выполнения плановых объемов производства с требуемым качеством и высокой рентабельностью

Определение услуг, оказываемых рассмотренными отделами и цехами Рудоуправления, а также их потребителей позволило определить показатели качества для оценки каждой услуги, что представлено в качестве примера для РЭМЦ в таблице 4.2.4.

Таблица 4.2.4. Показатели оценки качества производственных услуг, оказываемых РЭМЦ

Центр финансовой ответственности	**Оказываемые услуги**	**Потребитель услуги**	**Показатели оценки качества выполняемой услуги**
РЭМЦ	Ведение учета выполненных ремонтов электрических систем экскаваторов в программном обеспечении «ИСУП» (1С)	ОГЭ	Своевременное и в полном объеме занесение информации о выполненных ремонтов в систему «ИСУП» (1С)
	Ведение учета выполненных ремонтов механических систем экскаваторов в программном обеспечении «ИСУП» (1С)	ОГМ	Своевременное и в полном объеме занесение информации о выполненных ремонтов в систему «ИСУП» (1С)
	Обеспечение требуемой работоспособности экскаваторов с приемлемыми затратами	ЦГЦ	1. Качество выполнения графика ППР и ТОиР. 2. Приемлемое количество и продолжительность внеплановых ремонтов. 3. Соответствие удельной стоимости ремонтного обслуживания установленным нормам
	Обеспечение требуемой работоспособности экскаваторов на складе готовой продукции с приемлемыми затратами	АОФ	1. Качество выполнения графика ТОиР. 2. Приемлемое количество и продолжительность внеплановых ремонтов. 3. Соответствие удельной стоимости ремонтного обслуживания установленным нормам

Для формирования рыночных взаимоотношений требуется порядок распределения экономического эффекта, обусловливаемого ростом эффективности предприятия. Определено, что для развития отделов и цехов Рудоуправления целесообразно задействовать 40% достигаемого экономического эффекта, 10% вкладывать в развитие условий деятельности управленческой и финансово-экономической служб Рудоуправления, а оставшиеся 50% направлять в комбинат ПАО «Ураласбест». Рассматривая 40% экономического эффекта, выделяемого на развитие отдела или цеха его получившего, как 100% – предложено 60% использовать на премирование рабочих групп, развитие персонала и увеличение ФОТ, а остальные 40% использовать как резервный фонд или инвестировать их в основные средства.

Схему оплаты результатов деятельности персонала подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования необходимо выстроить таким образом, чтобы интерес персонала заключался как в увеличении производительности оборудования, так и в снижении удельных затрат на организацию работы и ремонтное обслуживание. Такая система оплаты позволит работникам увеличивать свою заработную плату даже при улучшении только одного из двух показателей их работы. Этапы формирования предлагаемой системы оплаты труда представлены ниже:

1) Определяются исходные значения следующих показателей: продолжительность производительной работы оборудования $Т_п$ (ч), величина абсолютных затраты на организацию работы $З_о$ (тыс. руб.) и на ремонтное обслуживание $З_р$ (тыс. руб.), а также базовая величина фонда заработной платы персонала цеха ($ФЗП_и$) (тыс. руб.).

2) Формируется матрица, где по оси Y задаются возможные шаги изменения величины абсолютных затрат на эксплуатацию или ремонтное обслуживание оборудования, а по оси X – время производительной работы оборудования.

3) Для определения изменения величины фонда заработной платы персонала цехов для каждого из заданных шагов рассчитывается ежемесячный

экономический эффект/ущерб $Э_{+/-}$ (тыс. руб.), обусловливаемый только изменением величины абсолютных затрат на организацию работы или ремонтное обслуживание по формуле:

$$Э_{+/-} = З/Т_{п}, \quad (4.2.1)$$

где З – абсолютные затраты на организацию работы ($З_{о}$) или ремонтное обслуживание ($З_{р}$) оборудования, млн руб.

Для каждого значения абсолютных затрат на организацию работы или ремонтное обслуживание оборудования и величины времени производительной работы определяется соответствующий ФЗП персонала по формуле:

$$ФЗП = ФЗП_{б} \cdot K_{Y} \cdot K_{X}, \quad (4.2.2)$$

где ФЗП – фонд заработной платы персонала цеха для величины абсолютных затрат по оси Y и времени производительной работы оборудования по оси X, млн руб.; $ФЗП_{б}$ – базовый фонд заработной платы, млн руб.; K_{Y} – корректирующий коэффициент, учитывающий изменение величины абсолютных затрат на организацию работы или ремонтное обслуживание оборудования (по оси Y); K_{X} – корректирующий коэффициент, учитывающий изменение времени производительной работы оборудования (по оси X).

При достижении экономического эффекта подбор корректирующих коэффициентов к ФЗП должен осуществляться в рамках условия:

$$(ФЗП - ФЗП_{б})/Э_{+/-} < 1 \quad (4.2.3)$$

С целью апробации представленных этапов определения стоимости, формирования учета и контроля качества оказания услуг производственными отделами и цехами было произведено моделирование возможных экономических результатов деятельности персонала ЦГЦ и РЭМЦ. Результаты моделирования представлены соответственно для ЦГЦ на рисунке 4.2.4, для РЭМЦ на рисунке 4.2.5.

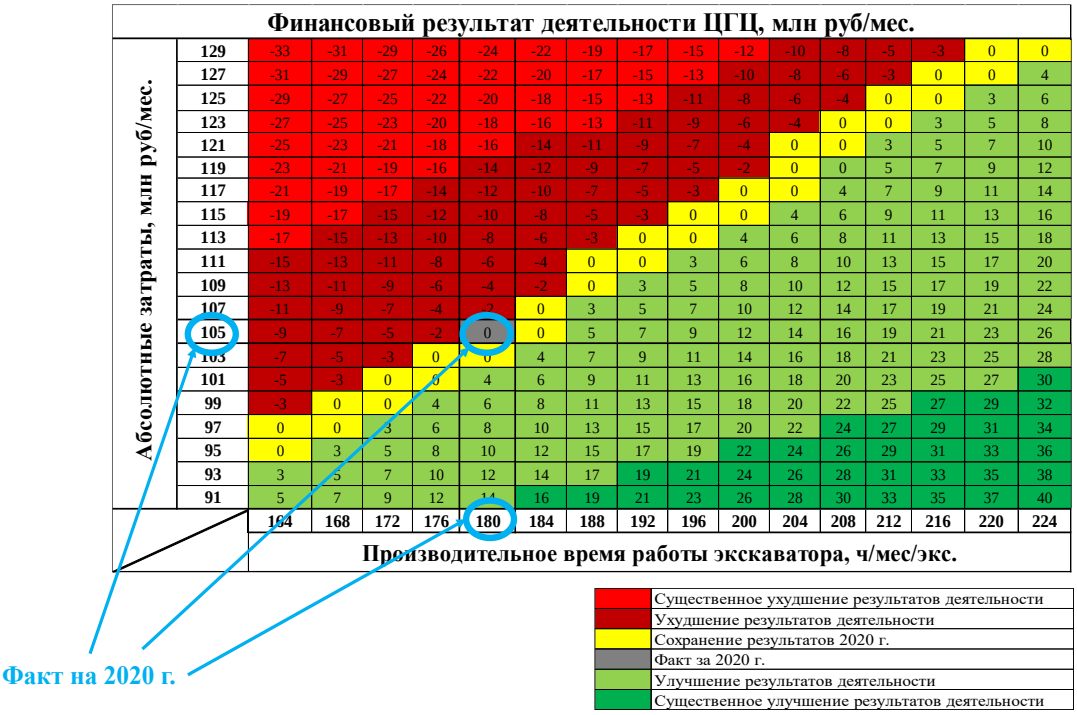


Рисунок 4.2.4 – Модель определения экономических результатов персонала подсистемы организации работы экскаваторов

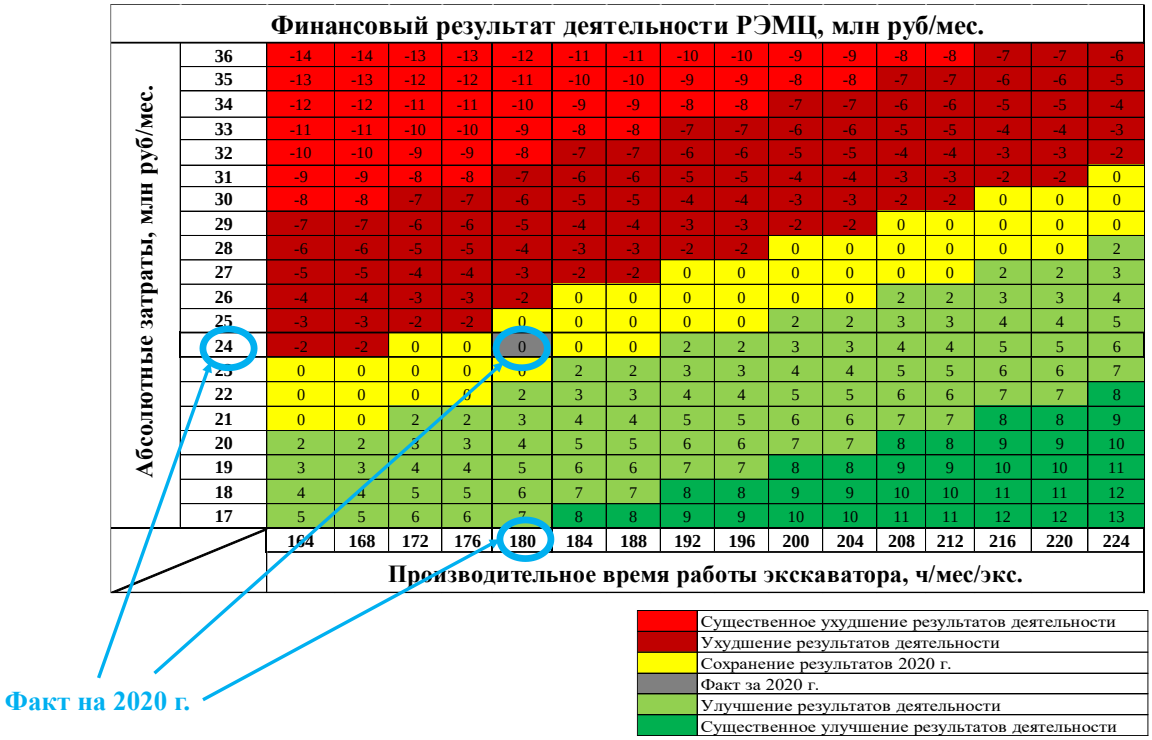


Рисунок 4.2.5 – Модель определения экономических результатов персонала подсистемы ремонтного обслуживания экскаваторов

На основе представленных этапов формирования системы оплаты труда возможно рассчитывать экономические результаты персонала отделов и цехов предприятия, а также определять величину премирования, обеспечивающую

их заинтересованность в развитии своей деятельности для повышения эффективности деятельности всего предприятия [304].

Моделирование методов расчета величины экономического эффекта, достигаемого подсистемами, позволило обосновать, что для учета результатов их экономической деятельности помимо определения параметров качества оказываемых услуг требуется определение штрафных мер за несоблюдение этих параметров [304]. В случае, когда деятельность одной из подсистем становится неэффективной из-за действия другой, руководитель подсистемы, понесшей ущерб, имеет право на выставление штрафных санкций за некачественно оказанную услугу [304]. Основанием для начисления штрафных санкции является акт расследования или организованный учет с указанием причин. Окончательный расчет штрафов начисленных и полученных производится в чек-листе по каждому подразделению. Штраф относится на результат экономической деятельности отдела и цеха [211].

Основные принципы оплаты услуг производственных отделов и цехов целесообразно направить на формирование взаимовыгодной деятельности подсистем, обеспечивающей повышение эффективности деятельности всего предприятия в целом и исключающей ситуаций, когда повышается эффективность одной подсистемы за счет снижения результатов другой.

Принципами планирования в условиях рыночных отношений являются [243]:

– план, с одной стороны, должен мотивировать руководителя к повышению эффективности, а с другой – быть реально достижимым;

– те, кому предстоит выполнять план, должны участвовать в его разработке;

– в бюджет службы (отдела или цеха) включаются только те затраты, на которые ее персонал может повлиять;

– основой для планирования деятельности руководителей подразделений в рыночных условиях являются стратегия развития предприятия по обеспечению конкурентоспособности на рынке продукции, труда и капитала, а также собственная стратегия субъекта по повышению

эффективности использования капитала и труда в границах своей ответственности.

Принципы учета и контроля:

– субъект рыночных взаимоотношений должен оперативно получать информацию о результатах экономической деятельности;

– договорные обязательства должны обеспечивать возможность разграничения ответственности между подразделениями за результаты работы;

– данные учета должны быть достоверными;

– взаимный контроль договорных обязательств между подсистемами.

Организация учета и контроля:

– учет результатов рыночных взаимоотношений осуществляется планово-экономическим отделом и отражается на лицевых счетах подсистем. Лицевой счет отражает все плановые и фактические показатели деятельности и служит основанием для определения эффективности функционирования подсистемы.

Операции с лицевыми счетами:

– зачисление денежных средств на лицевые счета подсистем и в фонды развития осуществляются на основании актов приемки работ, подписанных членами комиссии и утвержденных главным инженером и актов сдачи-приемки работ, подписанных руководителями подсистем.

– возникновение, порядок разрешения споров и состав претензионной работы определяются и регулируются на основании заключенного договора на оказание услуг и акта сдачи-приемки работ.

Рекомендации по регламентации возникновения и разрешения претензионных споров:

Санкции, применяемые при взаимодействии, должны быть заранее оговорены и детально прописаны. В качестве примера в таблицах 4.2.5 и 4.2.6 представлены санкции при взаимодействии РЭМЦ и ЦГЦ Рудоуправления.

Таблица 4.2.5. Санкции, применяемые к ЦГЦ, при оказании некачественных услуг для ЦГЦ

Санкции от РЭМЦ к ЦГЦ			
Показатель	**Коэффициент к ФОТ**		
	1,00	**0,95**	**0,90**
Нарушение сроков проведения ТО и ППР со стороны ЦГЦ	Расчет осуществляется на основе определения потерь времени производительной работы экскаваторов		
Несоблюдение рекомендаций ремонтной службы в части проведения предупредительных ремонтов			
Качество подготовки ремонтной площадки	– параметры площадки (подъезды, уклон, площадь) достаточны для проведения ремонта; – площадка обеспечена электроэнергией; – посторонние предметы отсутствуют	– параметры площадки (подъезды, уклон, площадь) затрудняют проведение ремонта; – имеются перебои в обеспечении электроэнергией; – имеются посторонние предметы	– параметры площадки (подъезды, уклон, площадь) не позволяют провести ремонт; – электроэнергия отсутствует; – неприемлемое захламление площадки посторонними предметами

Таблица 4.2.6. Санкции, применяемые к ЦГЦ и РЭМЦ, при оказании некачественных услуг для Рудоуправления или РЭМЦ

Санкции от РУ к ЦГЦ			
Показатель	**Коэффициент к ФОТ**		
	1,00	**0,95**	**0,90**
Содержание асбеста в руде	Содержания 2-го сита в пределах ± 5% от планового значения	Отклонение содержания 2-го сита от плана на 6-7%	Отклонение содержания 2-го сита от плана более чем на 7%
Длина волокна	Длина волокна 2-го сита в пределах ± 5% от планового значения	Длина волокна 2-го сита превышает плановое значение на 6-7%	Длина волокна 2-го сита превышает плановое значение более чем на 7%
Санкции от ЦГЦ к РЭМЦ			
Нарушение гарантийного срока работы оборудования	Расчет осуществляется на основе определения потерь времени производительной работы экскаваторов		
Нарушение сроков проведения ТО и ППР со стороны РЭМЦ			

Основными санкциями в случае возникновения и разрешения претензионных споров могут являться:

1. При невыполнении Исполнителем либо Заказчиком договорных обязательств в части объема работ (услуг) – возмещение экономических потерь потерпевшей стороны за счет стороны, нанесшей ущерб;

2. При невыполнении Исполнителем договорных обязательств в части качества работ (услуг) – устранения несоответствия качества выполненных работ (услуг) качеству, оговоренному договором – за счет Исполнителя (ремонтные работы, повторное выполнение работ и т.п.);

3. При невыполнении Заказчиком договорных обязательств в части обеспечения условий для использования услуг Исполнителя (обеспечение производительности оборудования, условия эксплуатации оборудования и т.д.) – возмещение экономических потерь за счет Заказчика;

4. При невыполнении Исполнителем и Заказчиком договорных обязательств в части срока проведения работ – возмещение экономических потерь потерпевшей стороны за счет стороны, нанесшей ущерб;

5. Осуществление Исполнителем действий в процессе выполнения договорных обязательств, повлекших за собой неплановые простои, остановку техники и оборудования Заказчика (смежных подразделений) или невозможность ведения работ в соответствии с утвержденным планом – возмещение экономических потерь Заказчика за счет Исполнителя.

Возмещение экономических потерь Заказчика и Исполнителя от простоев техники, персонала и недополученных (недовыполненных) объемов работ (услуг) по вине одной из сторон рекомендуется рассчитывать на основании понесенных потерпевшей стороной условно-постоянных затрат.

Основанием для разрешения спора является акт приемки (браковки) работ и рекламация, утвержденные Комиссией по приемке работ, акт сдачи-приемки работ, подписанный Исполнителем и Заказчиком работ.

Применение организационно-экономического механизма формирования рыночных отношений между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования позволяет сбалансировать экономические интересы и ответственность между ними.

Достижение и поддержание баланса экономических интересов и ответственности субъектов двух подсистем способствует формированию проактивно-развиваемой структуры и достижению высокой конкурентоспособности в долгосрочном периоде. Система эксплуатации будет характеризоваться производительностью оборудования выше среднеотраслевой, низкими затратами и рисками негативных событий. В случае преобладания экономических интересов и ответственности субъектов подсистемы организации работы оборудования по отношению к субъектам другой подсистемы возможно освоение активно-адаптивной структуры и достижение высокой конкурентоспособности, но только в краткосрочном периоде. Производительность оборудования при этом будет выше среднеотраслевой, но с повышенными затратами на устранение отказов.

Если будут преобладать экономические интересы и ответственность субъектов подсистемы ремонтного обслуживания по отношению к субъектам другой подсистемы с высокой вероятностью будет преобладать пассивно-адаптивная структура. При этом возможно достижение конкурентоспособности не выше среднего в долгосрочном периоде. Производительность оборудования будет на уровне среднеотраслевой, с перерасходом ресурсов на ремонтное обслуживание.

В случае отсутствия баланса экономических интересов и ответственности двух подсистем будет функционировать неадаптивная структура, позволяющая достигать средний уровень конкурентоспособности в краткосрочном периоде. Производительность оборудования будет ниже среднеотраслевой, с перерасходом ресурсов на эксплуатацию.

Достижение баланса интересов подсистем позволяет производить дальнейшую работу по обеспечению комплементарности подсистем посредством формирования баланса ответственности и полномочий между ними и улучшения деятельности по воспроизводству и развитию. Без обеспечения баланса экономических интересов и ответственности подсистем дальнейшая работа по обеспечению их комплементарности будет малорезультативной. Методический инструментарий обеспечения комплементарного взаимодействия подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования представлен в таблице 4.2.7 [254-257]. Сонаправленность подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания обеспечивается методом декомпозиции цели предприятия. Методом декомпозиции цель предприятия распределяется на задачи подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования, при условии обеспечения их взаимодополнения при взаимодействии. Некорректное использование метода декомпозиции цели приводит к тому, что при изменении цели предприятия качество реализации функций подсистем может ей не соответствовать, а взаимодействие подсистем преобразуется в противодействие.

В таблице 4.2.8 в качестве примера представлена характеристика системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования в процессе достижения различных целей горнодобывающих предприятий при различных результатах декомпозиции цели предприятия на задачи подсистем.

Баланс ответственности и полномочий между подсистемами обеспечивается применением метода оптимизации распределения полномочий и ответственности. Баланс ответственности и полномочий подсистем требуется для обеспечения полноты реализации ими своих функций. Оценка баланса ответственности и полномочий подсистем по ряду горнодобывающих предприятий показала, что на сегодняшний день в среднем только на 10-20% достаточно конкретизирована ответственность подсистем и обеспечен необходимый объем ресурсов для реализации их функций (рисунок 4.2.6 а, б).

Таблица 4.2.7. Методический инструментарий обеспечения комплементарного взаимодействия подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования

Методический инструмент воздействия	**Компоненты и характеристики взаимодействия подсистем**			
Организационно-экономический механизм формирования рыночных отношений	***Баланс интересов между подсистемами***			
	Экономические интересы и ответственность субъектов подсистем сбалансированы	Преобладают экономические интересы и ответственность субъектов подсистемы организации работы оборудования	Преобладают экономические интересы и ответственность субъектов подсистемы ремонтного обслуживания оборудования	Экономические интересы и ответственность субъектов двух подсистем разнонаправлены
Метод декомпозиции цели предприятия	***Сонаправленность предназначений подсистем***			
	Деятельность подсистем взаимосоответсвующая и взаимодополняющая	Доминирует деятельность подсистемы организации работы оборудования	Доминирует деятельность подсистемы ремонтного обслуживания оборудования	Деятельность подсистем находится в противоречии
Метод оптимизации распределения полномочий и ответственности	***Баланс ответственности и полномочий между подсистемами***			
	Обеспечен баланс ответственности и полномочий - персонал согласованно осуществляет свои функции	Нарушен баланс ответственности и полномочий – персонал подсистемы организации работы оборудования вынужден выполнять часть функций персонала подсистемы ремонтного обслуживания	Нарушен баланс ответственности и полномочий – персонал подсистемы ремонтного обслуживания вынужден выполнять часть функций персонала подсистемы технического использования оборудования	Отсутствует баланс ответственности и полномочий – персонал подсистем находится в конфликтном взаимодействии
Метод повышения квалификации по осуществлению и развитию. Метод стандартизации процессов	***Результативность деятельности по воспроизводству и развитию***			
	Воспроизводство: ритмичная и взаимосогласованная работа двух подсистем. *Развитие:* планомерное и пропорциональное развитие подсистем	*Воспроизводство:* неритмичная работа из-за нарушений требований по организации работы оборудования. *Развитие:* планомерное развитие с доминантой подсистемы организации работы оборудования	*Воспроизводство:* неритмичная работа из-за нарушений требований со стороны субъектов ремонтного обслуживания оборудования. *Развитие:* планомерное развитие с доминантой подсистемы ремонтного обслуживания оборудования	*Воспроизводство:* неритмичная работа из-за нарушений требований по техническому использованию оборудования и его ремонтного обслуживания. *Развитие:* развитие отсутствует

Таблица 4.2.8. Характеристика и результаты системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования при достижении различных целей горнодобывающего предприятия

Результат декомпозиции цели предприятия на задачи подсистем	**Характерные цели предприятий**	
	Повышение эффективности при благоприятных экономических условиях	Поддержание приемлемой эффективности производства в кризисные периоды
Задачи подсистем дополняют друг друга и способствуют достижению цели предприятия	*«Восточно-Бейский разрез»*	
	2009-2018гг	*2019-2020гг*
	PCuPP: обеспечена высокопроизводительная работа оборудования на уровне 80-85% от КФВ при повышенных затратах на формирование условий его работы для минимизации пиковых нагрузок оборудования. *TuO PO:* минимизированы риски возникновения внезапных отказов оборудования с повышенным расходом ресурсов на повышение качества обеспечения его работоспособности. *Результат:* умеренно высокая ПД и с/с, ФСС оборудования значительно превышает НСС, высокая рентабельность оборудования на всем ФСС	*PCuPP:* умеренное уменьшение производительности оборудования на уровень 75-80% от КФВ при умеренных затратах на формирование условий его работы для снижения пиковых нагрузок на дорогостоящие узлы. *TuO PO:* минимизированы риски возникновения внезапных отказов дорогостоящих узлов оборудования с умеренных расходом ресурсов на обеспечение его работоспособности. *Результат:* уменьшена ПД и с/с, ФСС оборудования соответствует НСС, высокая рентабельность оборудования на ФСС
Задачи подсистем не дополняют друг друга, но способствуют достижению цели предприятия	*Разрезоуправление «Новошахтинское»*	
	2000-2009гг	*2010-2014гг*
	PCuPP: обеспечена умеренная производительность оборудования на уровне 60-70% от КФВ при минимальных затратах на формирование условий работы, что приводило к значительному количеству внезапных отказов оборудования. *TuO PO:* обеспечение работоспособности оборудования посредством повышенных расходов на устранение его внезапных отказов. *Результат:* высока ПД и с/с, ФСС оборудования соответствует НСС и оно рентабельно преимущественно из-за благоприятных экономических условий	*PCuPP:* обеспечена высокопроизводительная работа оборудования на уровне 80-85% от КФВ при умеренных затратах на формирование условий его работы, что приводило к сохранению значительного количества внезапных отказов оборудования. *TuO PO:* обеспечение работоспособности оборудования посредством дополнительного повышения расходов на устранение его внезапных отказов. *Результат:* значительно уменьшена ПД и сохранена с/с, ФСС оборудования соответствует НСС и оно рентабельно в краткосрочном периоде

Продолжение таблицы 4.2.8

Задачи подсистем дополняют друг друга, но не способствуют достижению цели предприятия	*Рудоуправление ПАО «Ураласбест»*	
	2006-2015гг	*2016-2021гг*
	РСиРР: пониженная производительность оборудования на уровне 30-35% от КФВ при повышенных затратах на формирование условий работы, что приводило к минимальному количеству внезапных отказов оборудования. *ТиО РО:* обеспечение работоспособности оборудования посредством повышенных расходов выполнение всех операций по нормативу. *Результат:* высока ПД и с/с, ФСС оборудования превышает НСС, но оно мало рентабельно	*РСиРР:* повышение производительности оборудования до уровня 50-55% от КФВ при понижении затрат на формирование условий работы, что привело к увеличению количества внезапных отказов оборудования. *ТиО РО:* обеспечение работоспособности оборудования посредством повышения расходов на устранение его внезапных отказов. *Результат:* умеренное снижение ПД и с/с, ФСС оборудования уменьшился НСС, рентабельность оборудования уменьшилась
Задачи подсистем не дополняют друг друга и не способствуют достижению цели предприятия	*шахтоуправление «Восточное»*	
	2009-2014гг	*2015-2017гг*
	РСиРР: пониженная производительность оборудования на уровне 35-40% от КФВ при минимальных затратах на формирование условий работы, что приводило к значительному количеству внезапных отказов оборудования. *ТиО РО:* обеспечение работоспособности оборудования посредством повышенных расходов на устранение его внезапных отказов. *Результат:* высока ПД и с/с, ФСС оборудования ниже НСС, оборудование мало рентабельно	*РСиРР:* повышение производительности оборудования до уровня 45-50% от КФВ при уменьшении затрат на формирование условий работы, что привело к значительному увеличению количества внезапных отказов оборудования. *ТиО РО:* сокращение затрат на обеспечение работоспособности оборудования. *Результат: Результат:* повышена ПД и повышена с/с, ФСС оборудования ниже НСС и оно не рентабельно, что привело к ликвидации предприятия

РСиРР – рабочая среда и режимы работы оборудования;
ТиО РО – технология и организация ремонтного обслуживания оборудования;
ПД – приведенная длительность производственного цикла;
с/с – себестоимость производства;
ФСС – фактический срок службы;
НСС – нормативный срок службы до списания

а) баланс ответственности и полномочий в подсистеме организации работы

б) баланс ответственности и полномочий в подсистеме ремонтного обслуживания

Рисунок 4.2.6 – Результаты оценки достаточности полномочий и ответственности подсистем по ряду горнодобывающих предприятий

Метод оптимизации распределения полномочий и ответственности включает в себя три основных принципа:

– результаты реализации каждой функции должен быть измерим и достижим;

– функции и должностные обязанности персонала должны быть конкретизированы и не должны дублироваться;

– необходимо определить достаточно времени и финансовых ресурсов для реализации функций.

Обеспечение баланса ответственности и полномочий между подсистемами создает основу для результативного их взаимодействия по достижению цели развития предприятия и формирования заинтересованности работников в повышении своей квалификации по улучшению процессов воспроизводства и процессов развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Повышение результативности деятельности по воспроизводству достигнутого результата и развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования обеспечивается повышением квалификации в части освоения методов

воспроизводства и развития деятельности предприятия, а также методом стандартизации процессов.

Повышение квалификации по воспроизводству достигнутых показателей в подсистеме организации работы обеспечивается повышением квалификации операторов по выполнению операций в своей зоне ответственности. Повышение квалификации осуществляется по итогам оценки их навыков и знаний [160, 258]. Для этого определяются показатели, характеризующие уровень практических навыков и теоретических знаний по каждой профессии, задается их уровень: неприемлемый, приемлемый и требуемый. Далее осуществляется оценка работников и целенаправленное их обучение. Так, например, в Рудоуправлении ПАО «Ураласбест» с целью проведения оценки квалификации машинистов экскаваторов были выбраны, уточнены и согласованы ключевые показатели их работы. Эти показатели позволяют оценить, как теоретические знания, так и практические навыки работы. Показатели оценивались по трехбалльной шкале: 3 балла – может работать самостоятельно и учить других, 2 балла – может работать самостоятельно при периодическом контроле, 1 балл – не может работать самостоятельно, требуется непрерывный контроль (таблица 4.2.9) [160].

Таблица 4.2.9. Показатели работы машинистов экскаваторов [160]

Показатели
Практические навыки
1.1. Подготовка забоя к погрузке (проходки трасс, автосъездов)
1.2. Планировка забоя, верхней и нижней площадок уступа
1.3. Перемещение экскаватора в процессе работы
1.4. Погрузка полезного ископаемого и породы в железнодорожные составы, думпкары, автосамосвалы (продолжительность цикла)
1.5. Производство селективной разработки забоя
1.6. Профилирование трассы экскаватора
1.7. Очистка ковша от налипшего грунта
1.8. Профилактический осмотр и участие в ремонте экскаватора

Продолжение таблицы 4.2.9

Показатели
Теоретические знания
2.1. Устройство и технические характеристики экскаватора
2.2. Принцип работы механического, электрического оборудования экскаватора
2.3. Признаки обрушения забоя
2.4. Правила погрузки горной массы и грунта в транспортные средства
2.5. Правила ведения установленной документации
2.6. Виды ремонта, монтажа и демонтажа экскаватора; конструкции быстроизнашивающихся деталей и узлов экскаватора и порядок их замены
2.7. Знание принципиальных электрических схем экскаватора
2.8. Знание инструкции по ОТ для машинистов экскаваторов и их помощников
2.9. Знание инструкции машинистов экскаватора ЦГЦ по профессии
2.10. Умение пользоваться технологическими картами на ремонт экскаватора

Результаты экспертной оценки показали, что из 123 машинистов экскаваторов Рудоуправления всего 32 чел. (26%) обладают высоким уровнем квалификации, 52 чел. (42%) обладают средним уровнем квалификации и 39 чел. (32%) обладают неудовлетворительным уровнем квалификации (рисунок 4.2.7, а) [160]. Из этого следует, что за работой 74% машинистов требуется периодический повышенный контроль, что приводит к пониженной управляемости персоналом и избыточному количеству ИТР. Также результаты оценки показали, что только на 4-х экскаваторах работают машинисты с высоким уровнем квалификации, на остальных экскаваторах (27 ед.) работают машинисты со средним и неудовлетворительным уровнем квалификации (рисунок 4.2.7, б). На основе оценок организовано обучение машинистов экскаваторов с последующей сдачей экзаменов.

а) 123 машиниста

б) 31 экскаватор

Рисунок 4.2.7 – Распределение машинистов (а) и
экипажей (б) экскаваторов по уровню их квалификации [160]

Повышение квалификации инженерно-технических работников в части улучшения их результативности по воспроизводству деятельности предприятия осуществляется аналогично – по итогам оценки их навыков и знаний. Так, например, повышение квалификации механиков на разрезе «Черногорский» осуществляется на основе оценки фактического и возможного уровня их квалификации. Оценка уровня квалификации производится относительно десяти ключевых показателей: технические знания в своей зоне ответственности, качество планирования ремонта, уровень технологии и организации ремонта, качество прогноза отказа оборудования, умение руководить коллективом, качество взаимосвязи со смежниками и службами, качество планирования финансовых затрат на ремонт, уровень безопасности труда при ремонте, уровень экономико-финансовых знании и качество контроля ремонта. Каждый показатель охарактеризован тремя уровнями, которым присвоены соответствующие баллы: 1 балл – неудовлетворительный уровень, 2 балла – приемлемый уровень и 3 балла – требуемый. Качественная характеристика показателей по уровням представлена в таблице 4.2.10 [259, 260]. Следует отметить, что показатели и их характеристика подбирались таким образом, чтобы они отражали деятельность механиков в отношении достижения цели предприятия и не ограничивались видом и типом, ремонтируемого ими оборудования [160].

Таблица 4.2.10. Характеристика квалификации механиков

Показатель	Уровень функционала (балл)		
	1 балл	2 балла	3 балла
1. Технические знания в своей зоне ответственности	1. Знание кинематических схем оборудования. 2. Знание инструкций по эксплуатации оборудования. 3. Знание принципиальных схем оборудования. 4. Знание инструкции по эксплуатации металлоконструкций. 5. Знание норм расхода материалов	1. Знание кинематических схем оборудования с возможностью замены узлов и деталей на аналогичные. 2. Определение предельного состояния узлов и механизмов. 3. Знание параметров эл. машин. 4. Знание технологии проведения ремонта металлоконструкций. 5. Производит анализ по расходу нормируемых материалов и корректирует объем поставок МТР	1. Знание конструктивных особенностей различных модификаций оборудования. 2. Способность прогнозировать достижение предельного состояния оборудования. 3. Знание параметров эл. машин с возможностью их взаимозамены между различными типами оборудования. 4. Определение предельного состояния металлоконструкций. 5. Разрабатывает и внедряет мероприятия по снижению норм расхода МТР
2. Планирование ремонта	1. Несвоевременно подготовлен МТР для проведения ТО и ремонтов. 2. Отсутствует ведомость дефектов	1. Своевременно подготовлен МТР только для проведения ТО. 2. Формально ведется ведомость дефектов	1. Своевременно подготовлен МТР для проведения ТО и ремонта. 2. Ведомость дефектов ведется по фактическому техническому состоянию оборудования для планирования ремонтов и формирования ремонтного бюджета
3. Технология и организация ремонта	1. Отсутствуют технологические карты, регламенты (технологический и организационный) на проведение ТО и ремонтов 2. Работа по ненормированному наряд-заданию	1. Наличие технологических карт, регламентов (технологический и организационный) на проведение ТО 2. Работа по нормированному наряд-заданию	1 Наличие технологических карт, регламентов (технологический и организационный) на ТО и ремонт. 2. Сетевое планирование (по планограмме)
4. Прогноз отказа оборудования	1. Отсутствует журнал учета ремонтов оборудования. 2. Отсутствует прогноз отказа	1. Формально ведется журнал учета ремонтов оборудования. 2. Прогноз отказа на основе текущего технического состояния	1. В полном объеме ведется журнал учета ремонтов оборудования. 2. Прогноз отказа на основе текущего технического состояния с учетом качества ремонта и фактических условий эксплуатации оборудования
5. Умение руководить коллективом	1. Не выявляет и не развивает потенциал работников. 2. Не занимается подготовкой «кадрового резерва»	1. Выявляет и поощряет развитие потенциала работников. 2. Занимается подготовкой «кадрового резерва» по указанию руководства	1. Систематически ведет работу по развитию потенциала работников. 2. Самостоятельно готовит «кадровый резерв»
6. Взаимосвязь со смежниками и службами	1. Отсутствует взаимодействие со смежниками напрямую - только через вышестоящее руководство. 2. Отсутствует взаимодействие со службами по решению задач	1. Взаимодействие со смежниками случайное и основано на личном энтузиазме, коммуникабельных способностях механика. 2. Взаимодействие со службами по решению задач случайная	1. Взаимодействие со смежниками системное и направлено на решение поставленных задач. 2. Взаимодействие со службами по решению задач системное
7. Планирование финансовых затрат на ремонт	Затраты не планирует	Пытается привлечь как можно больше финансовых затрат – увеличение запасов	На основе разработки и реализации мероприятий уменьшает финансовые затраты на ТО и ремонт машины
8. Безопасность труда при ремонте	1. Не производит целевой инструктаж по безопасным методам работы. 2. Мероприятия по повышению уровня безопасности самостоятельно не разрабатываются, а доведенные руководством не реализуются	1. Производит целевой инструктаж по типовым безопасным методам работы. 2. Мероприятия по повышению уровня безопасности самостоятельно не разрабатываются, а доведенные руководством реализуются	1. Производит целевой инструктаж по передовым безопасным методам работы. 2. Мероприятия по повышению уровня безопасности разрабатываются самостоятельно и реализуются исходя из существующих рисков травмирования персонала
9. Экономико-финансовые знания	Не владеет знаниями о себестоимости участка	Имеет представление о фактической структуре себестоимости участка	Работает над снижением доли затрат на ремонт оборудования с целью снижения себестоимости участка
10. Контроль ремонта	Не ведется контроль ремонта в течение смены	В течение смены контролируется объем выполненных работ, но не контролируется их качество	В течение смены контролируется объем и качество выполненных работ

Оценка осуществляется непосредственно работниками предприятия под общим руководством директора. В обязательный состав комиссии входят: директор, главный инженер, главный механик, заместитель директора по производству, начальник отдела труда и заработной платы, начальник цехов, заместитель директора по охране труда и производственному контролю. Оценка проходит ежеквартально. Сроки и график проведения аттестации утверждаются руководителем предприятия по согласованию с соответствующими комитетами профсоюзов и доводятся до сведения аттестуемых работников не менее чем за один месяц до начала аттестации [160].

Во время аттестации определяются текущий и необходимый уровни квалификации механика и мероприятий, необходимые для освоения целевого уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. По итогам аттестации каждому механику присуждается класс, характеризующий уровень его квалификации в зависимости от набранной суммы баллов (таблица 4.2.11).

Таблица 4.2.11. Уровни квалификации механиков

Баллы	**Уровень квалификации**
>25	1 класс
15-25	2 класс
<15	3 класс

Кроме этого, аттестуемые берут на себя личные обязательства по улучшению результатов работы в своей зоне ответственности, реализация которых впоследствии может повысить уровень их квалификации. Каждый механик самостоятельно ведет учет результатов реализации личных обязательств, о которых на очередной аттестации докладывает комиссии.

Достижение квалификации работников, позволяющей повышать результативность развития процессов, осуществляется на основе оценки и повышения готовности персонала осуществлять изменения в своей зоне ответственности, необходимые для развития подсистем. Оценка готовности производится по 4-м основным показателям: отношение к эффективности и

безопасности труда, мотивация и квалификация в отношении освоения новых функций и должностных обязанностей, а также его приспосабливаемость, которые охарактеризованы по 3 уровням с присвоением каждому из них соответствующего балла (см. таблица 3.1.1) [160]. На основе оценок организуется соответствующее обучение работников.

При развитии системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия необходимо учитывать существующие и вновь возникающие риски, обусловленные нарастанием кризисных явлений в глобальной экономике. Улучшение взаимодействия подсистем системы эксплуатации горного оборудования, основанное на учете только происшедших отклонений, не позволяет с достаточной точностью прогнозировать зарождение, развитие и реализацию внезапных отказов горного оборудования, принимать и осуществлять результативные меры по повышению эффективности производственного цикла. В связи с этим разработан риск-ориентированный подход к снижению риска сбоев производственного цикла предприятия, применение которого позволяет переводить внезапные отказы в категорию прогнозируемых посредством устранения предпосылок, обусловливающих зарождение отказов горного оборудования, и, следовательно, не допускать сбоев производственного цикла предприятия. Сбой производственного цикла представляет собой остановку процесса производства или его отклонение от нормативного состояния, что приводит к неспособности предприятия производить заданный объем продукции с требуемыми качеством и эффективностью.

Риск сбоя производственного цикла R следует оценивать по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^{N} \left(\left((T_{\text{пд}}^{i} + \text{Т}_{\text{с}}^{i})/2 \right) \cdot \left((\text{В}_{\text{ку}}^{i} + \text{В}_{\text{кр}}^{i} + \text{В}_{\text{р}}^{i})/3 \right) \right) / \, 9 \cdot N \, , \qquad (4.2.4)$$

где $T_{\text{пд}}^{i}$ – тяжесть последствий отказа горного оборудования i-го технологического этапа производственного цикла относительно величины

приведенной длительности производственного цикла (таблица 4.2.13), балл; $Т_{с}^{i}$ – тяжесть последствий отказа горного оборудования *i*-го технологического этапа производственного цикла относительно себестоимости производства продукции (таблица 4.2.12), балл; $В_{ку}^{i}$, $В_{кр}^{i}$, $В_{р}^{i}$ – вероятность отказа горного оборудования *i*-го технологического этапа производственного цикла, балл. Определяется на основе оценки качества выполнения функции подсистемой организации работы ($В_{ку}^{i}$), подсистемой ремонтного обслуживания ($В_{кр}^{i}$) и технического ресурса ($В_{р}^{i}$) горного оборудования (таблица 4.2.13); 9 – максимальное количество баллов для одного технологического этапа; N – количество технологических этапов в производственном цикле предприятия.

Таблица 4.2.12. Тяжесть последствий отказа горного оборудования относительно сбоя производственного цикла

Характеристика производственного цикла	**Тяжесть**		
	Некритичная	**Значимая**	**Критичная**
	Балл		
	1	*2*	*3*
	Последствия сбоя производственного цикла		
Приведенная длительность производственного цикла ($Т_{пд}^{i}$)	Необходимые объем и качество продукции обеспечиваются с незначительными нарушениями заданных технологических параметров, не требующими в последующем восстановительных работ	Необходимые объем и качество продукции обеспечиваются со значительными нарушениями заданных технологических параметров, требующими в последующем восстановительных работ	Невозможность обеспечения необходимых объема и качества продукции, приводящая к потере рынков сбыта
Себестоимость производства продукции ($Т_{с}^{i}$)	Незначительное увеличение стоимости владения горным оборудованием	Стоимость владения горным оборудованием увеличивается до уровня конкурентов	Стоимость владения горным оборудованием превышает выручку предприятия

Таблица 4.2.13. Вероятность отказа горного оборудования

Показатель работы оборудования	**Вероятность**		
	Малая	**Допустимая**	**Высокая**
	Балл		
	1	*2*	*3*
	Характеристика эксплуатации горного оборудования		
Качество условий работы оборудования ($B_{ку}^{i}$)	Качество реализации функции подсистемы организации работы оборудования, соответствующее 3-м баллам (см. таблицу 3.2.21)	Качество реализации функции подсистемы организации работы оборудования, соответствующее 2-м баллам (см. таблицу 3.2.21)	Качество реализации функции подсистемы организации работы оборудования, соответствующее 1-му баллу (см. таблицу 3.2.21)
Качество ремонтного обслуживания оборудования ($B_{кр}^{i}$)	Качество реализации функции подсистемы ремонтного обслуживания оборудования, соответствующее 3-м баллам (см. таблицу 3.2.22)	Качество реализации функции подсистемы ремонтного обслуживания оборудования, соответствующее 2-м баллам (см. таблицу 3.2.22)	Качество реализации функции подсистемы ремонтного обслуживания оборудования, соответствующее 1-му баллу (см. таблицу 3.2.22)
Технический ресурс оборудования ($B_{р}^{i}$)	Работа оборудования в период нормальной эксплуатации	Работа оборудования на предзавершающей стадии эксплуатации	Работа оборудования на стадии приработки или старения

Величину риска сбоя производственного цикла необходимо определять по горному оборудованию каждого технологического этапа в отдельности, что позволяет принимать обоснованные решения о приоритетных воздействиях при повышении качества условий работы и ремонтного обслуживания оборудования. Приоритет отдается технологическому этапу, состояние оборудования которого характеризуется наибольшей возможной тяжестью последствий внезапных отказов, а затраты на повышение качества условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования для снижения риска сбоя производственного цикла являются наименьшими. Кроме того для определения

приоритета воздействия следует оценивать эффективность эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия $К^{п}$ по формуле:

$$К^{п} = Т_{п}^{пц}/Т_{ф}^{пц}, \quad (4.2.5)$$

где $Т_{п}^{пц}$ и $Т_{ф}^{пц}$ – соответственно потенциальная и фактическая приведенная длительность производственного цикла, маш.-ч/м^3.

Применение разработанных формул при анализе результатов деятельности ООО «СУЭК-Хакасия» за период 2010-2020 гг. позволило выявить связи эффективности эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и себестоимости производства продукции с вероятностью и тяжестью последствий сбоя производственного цикла предприятия, описываемые экспоненциальными функциями, которые характерны для такого типа объектов (рисунок 4.2.8) [302]. За рассматриваемый период на предприятии риск сбоев производственного цикла снизился более чем в 2 раза, что позволило увеличить эффективность использования комплекса технологического горного оборудования в 1,4 раза и сократить себестоимость производства продукции в 1,7 раза.

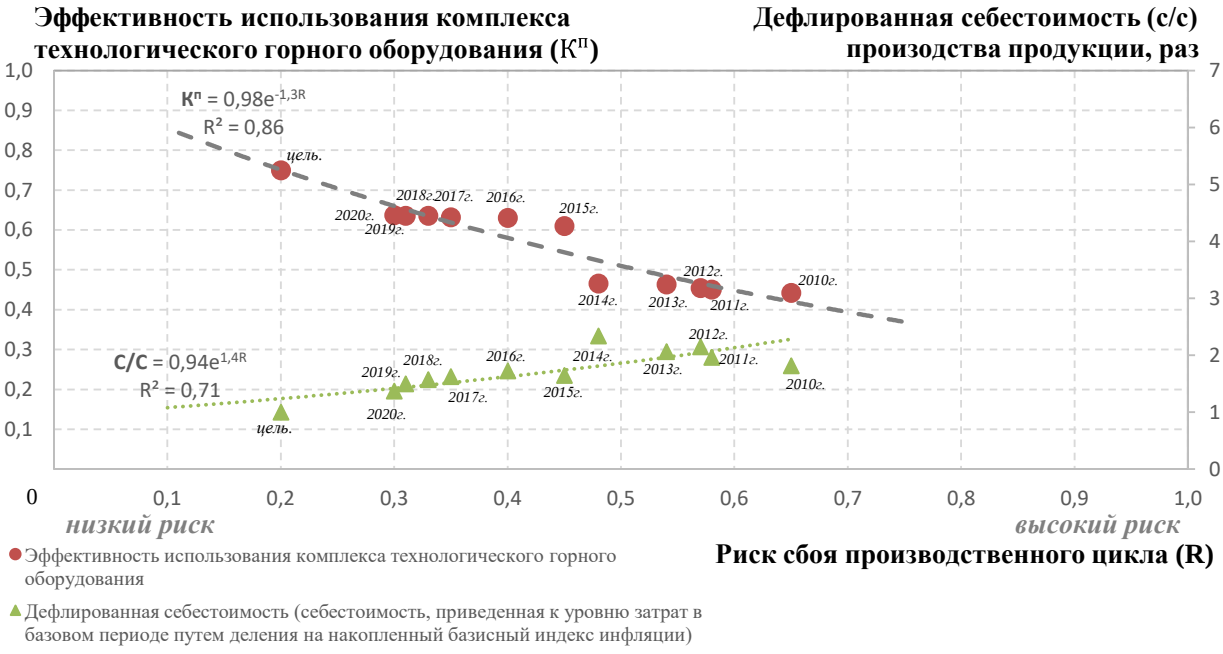


Рисунок 4.2.8 – Связь эффективности эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и себестоимости производства продукции с вероятностью и тяжестью последствий сбоя производственного цикла предприятия в ООО «СУЭК-Хакасия» [302]

Также, в результате исследования возможностей улучшения реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обусловленных повышением качества выполнения функций ее подсистем и организацией их взаимодополняющей деятельности, были выявлены уровни реализации предназначения этой системы и параметры результатов ее функционирования (таблица 4.2.14).

Таблица 4.2.14 – Уровни реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия

Уровень реализации			
Неприемлемый	Пониженный	Приемлемый	Высокий
Качественная характеристика системы			
Система эксплуатации комплекса технологического горного оборудования обеспечивает низкие эффективность и надежность его работы в процессе добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого	Система эксплуатации комплекса технологического горного оборудования обеспечивает малоэффективную и малонадежную его работу в процессе добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого	Система эксплуатации комплекса технологического горного оборудования обеспечивает приемлемые эффективность и надежность его работы в процессе добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого	Система эксплуатации комплекса технологического горного оборудования обеспечивает высокие эффективность и надежность его работы в процессе добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого
Параметры результатов функционирования системы			
Приведенная длительность производственного цикла, разы			
2,5-4,0	2,0-2,5	1,2-2,0	1,0
Себестоимость производства (отн.ед.), раз			
2,1-3,0	1,4-2,1	1,1-1,4	1,0
Риск сбоя производственного цикла			
>0,7	0,4-0,7	0,2-0,4	<0,1

Оценка уровня эффективности и надежности работы комплекса технологического горного оборудования осуществлялась посредством сравнения

значений этих показателей с аналогичными данными конкурентов. В случае если эффективность и надежность работы рассматриваемого комплекса технологического горного оборудования значительно выше, чем у конкурентов, то этот уровень считается высоким; в случае если на уровне с конкурентами – приемлемым; если незначительно ниже, чем у конкурентов – пониженным; если значительно ниже, чем у конкурентов – неприемлемым.

Выявленные связи эффективности эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и себестоимости производства продукции с вероятностью и тяжестью последствий сбоя производственного цикла предприятия позволяют обосновывать целесообразность вложения ресурсов в улучшение качества условий работы и ремонтного обслуживания оборудования. Это необходимо для повышения уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования при решении задач достижения требуемой приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции.

Однако следует учитывать, что преобразование системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования для снижения риска сбоя производственного цикла предприятия является длительным процессом, так как требует улучшения качества условий работы и ремонтного обслуживания оборудования. При этом в ходе постепенного снижения риска сбоя производственного цикла могут продолжительное время сохраняться высокие риски отказов горного оборудования отдельных технологических этапов. Для обеспечения планомерной и полноценной деятельности по развитию системы эксплуатации была осуществлена оценка результативности и стоимости применения существующих стратегий проведения ремонтов горного оборудования. Стратегии оценивались на предмет возможности их использования для эффективной локализации критических рисков отказов горного оборудования (рисунок 4.2.9).

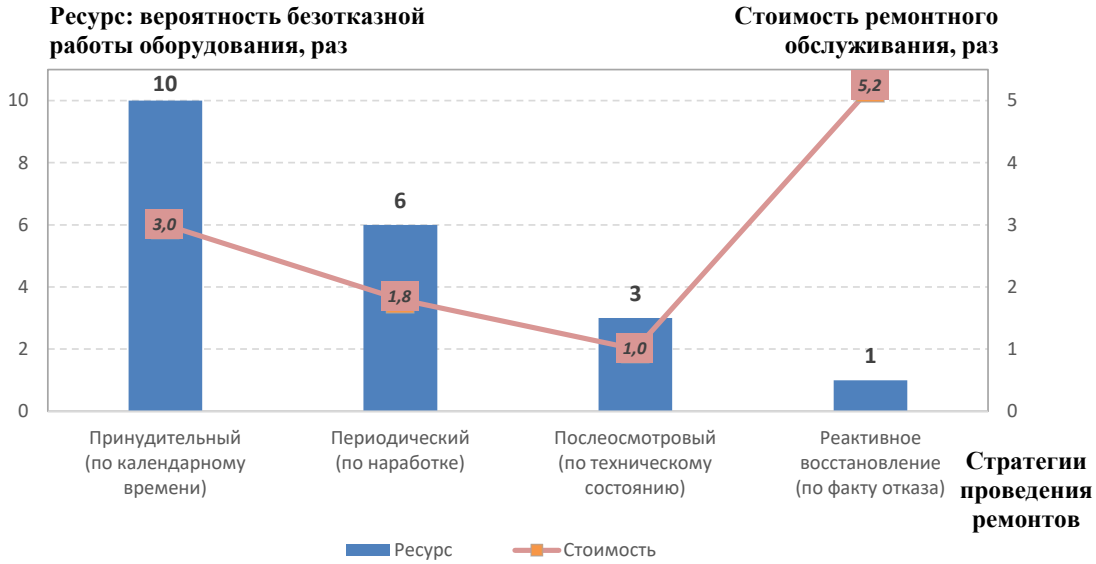


Рисунок 4.2.9 – Технический ресурс горного оборудования и затраты на его поддержание при различных стратегиях проведения ремонтов

Сопоставление результативности и стоимости применения существующих стратегий ремонтов горного оборудования позволило определить интервалы величины риска сбоя производственного цикла и соответствующие им стратегии проведения ремонтов комплекса технологического горного оборудования для обеспечения приемлемого уровня риска сбоя производственного цикла предприятия (таблица 4.2.15).

Таблица 4.2.15. Интервалы величины риска сбоя производственного цикла и соответствующие им стратегии проведения ремонтов комплекса технологического горного оборудования

Стратегия проведения ремонтов	Риск сбоя производственного цикла		
	< 0,25	0,25-0,85	> 0,85
Принудительный (по календарному времени)	≈10	≈20	≈80
Периодический (по наработке)	≈30	≈35	≈15
Послеосмотровый (по техническому состоянию)	≈60	≈45	≈5

Разработанный риск-ориентированный подход к снижению риска сбоя производственного цикла предприятия, установленные связи и обоснованный выбор стратегии проведения ремонтов комплекса технологического горного оборудования представляют собой методический инструментарий для обеспечения требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции в условиях нарастания кризисных явлений в мировой экономике.

Таким образом, условием для обеспечения комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания является формирование и освоение организационно-экономического механизма формирования рыночных отношений между этими подсистемами, позволяющего обеспечить равноценные и взаимовыгодные отношения для достижения целей развития предприятия. Для эффективного освоения механизма требуется изменение модели взаимодействия подразделений предприятия, осуществляющих выполнение смежных технологических этапов производственного цикла – необходимо объединение интересов и ответственности систем эксплуатации оборудования этих подразделений. Организационно-экономический механизм включает в себя: услуги с показателями их качества; методы формирования внутренней цены услуг, использования внутренней прибыли и применения санкций при убытке; порядок приема-сдачи услуг, учета дохода и расхода, а также внутренний договор на оказание услуг.

Обеспечение комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования требует обеспечения: сонаправленности их функций и задач методом декомпозиции цели предприятия; баланса ответственности и полномочий между подсистемами методом оптимизации распределения полномочий и ответственности; повышения результативности деятельности по воспроизводству и развитию в подсистемах методами повышения квалификации по воспроизводству и развитию, а также методом стандартизации процессов.

4.3. Методический инструментарий развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Основой алгоритма развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования стали обоснованные выше: комплементарный подход; критерий комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования; показатели приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, в общем виде отражающие эксплуатационные характеристики комплекса технологического горного оборудования; закономерности функционирования системы и риск-ориентированный подход к снижению риска сбоя производственного цикла (рисунок 4.3.1).

Эффективность развития подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания обеспечивает соблюдение цикличности проектирования этого процесса. Схематичное представление цикла проектирования процесса развития подсистем представлено на рисунке 4.3.2. Отличительной особенностью представленного цикла являются этапы определения качества реализации функций подсистем и разработки структуры системы эксплуатации, обеспечивающей единство деятельности персонала подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания.

Эффективность проектирования и устойчивость процесса развития подсистем обеспечивается соблюдением следующих принципов:

1. Обеспечение единой деятельности подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания по достижению цели предприятия.

2. Соблюдение баланса интересов и ответственности субъектов двух подсистем в процессе достижения цели.

3. Процесс развития – неотъемлемая и существенно значимая часть должностных обязанностей работников.

4. В первую очередь планируются улучшения в подсистеме организации работы оборудования, а затем в подсистеме его ремонтного обслуживания. Реализуются улучшения, в первую очередь, в подсистеме ремонтного обслуживания.

5. Достижение текущей цели обеспечивает подготовку к следующему циклу развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

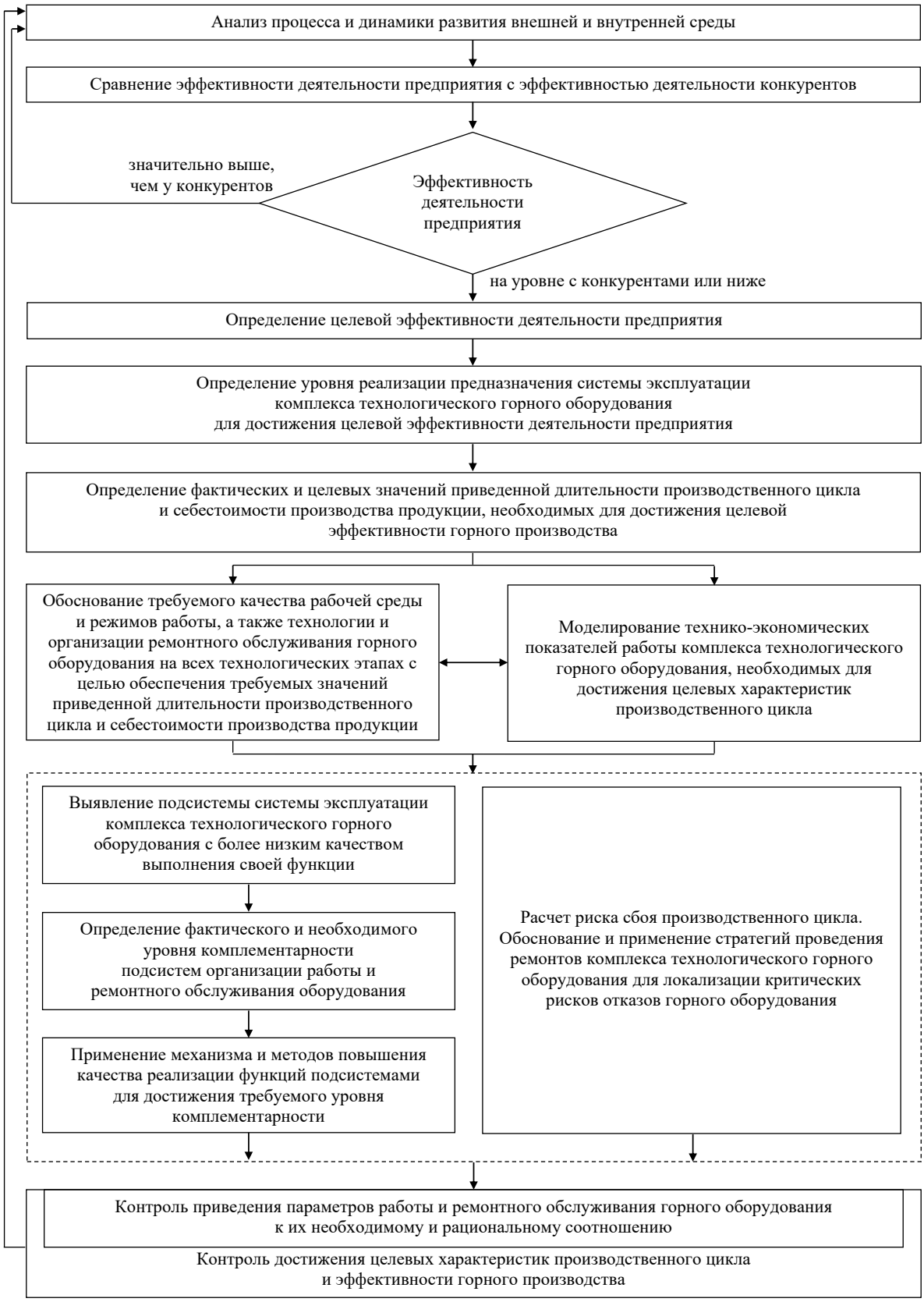


Рисунок 4.3.1 – Алгоритм развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия

***ОР и РО –** подсистемы организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания

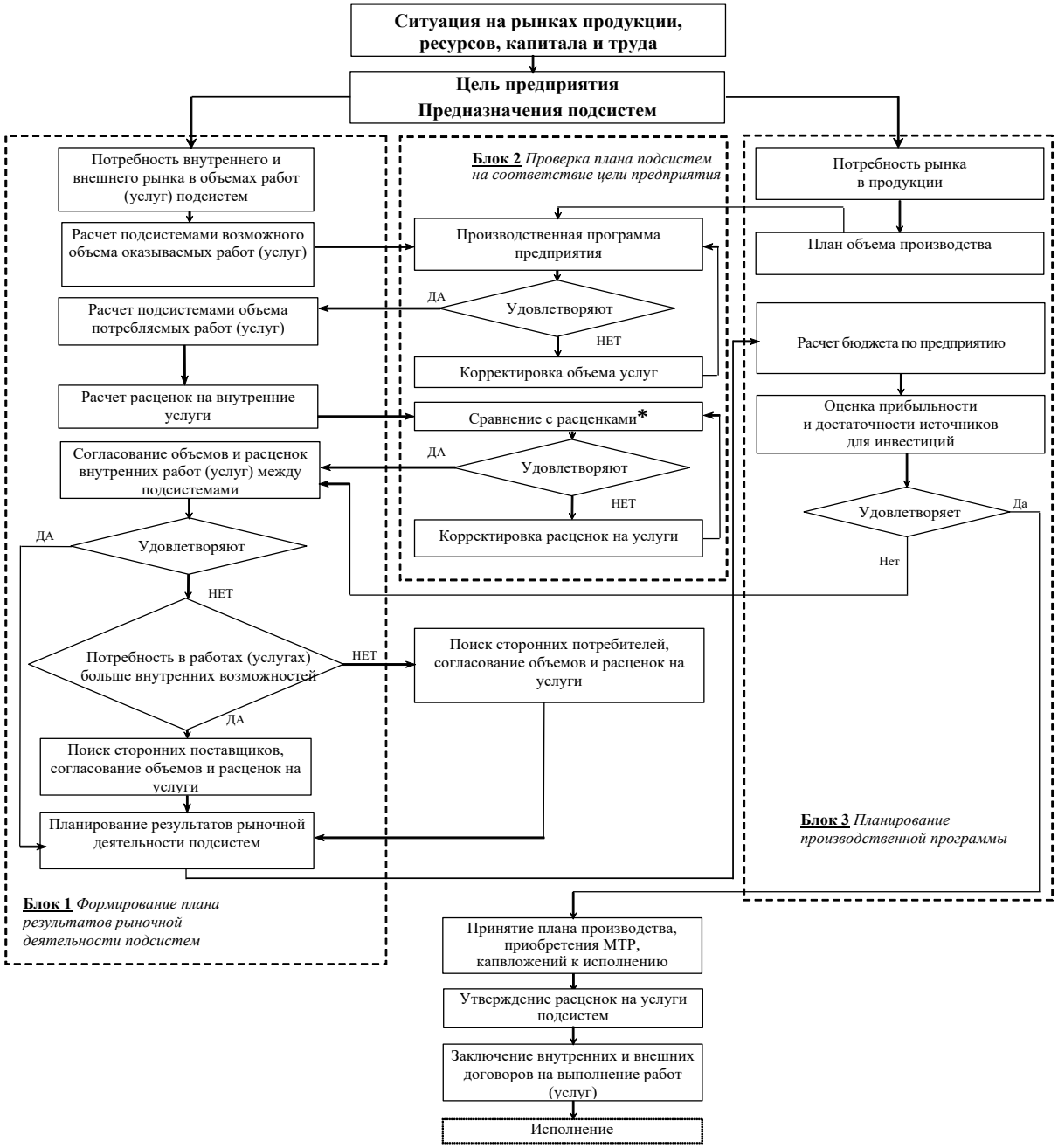
Рисунок 4.3.2 – Цикл проектирования процесса развития подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания

Обеспечение эффективности развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования основывается на контроле расчетной прибыли каждой единицы оборудования. Расчетная прибыль оборудования является основанием для оценки необходимости повышения качества реализации функций подсистем в процессе достижения цели предприятия. На основе определения расчетной прибыли оборудования принимается решение о целесообразных сроках его службы и наиболее приемлемом уровне производительности в зависимости от цели предприятия. Кроме этого, для достижения цели предприятия, величина расчетной прибыли оборудования используется при обосновании приобретения наиболее подходящих видов и типов оборудования, позволяющих рационально осуществлять технологические этапы производственного цикла предприятия. Вместе с тем, определение расчетной прибыли оборудования необходимо для обоснования целесообразного количества оборудования на предприятии.

Порядок определения расчетной прибыли оборудования в виде схемы представлен на рисунке 4.3.3.

Рисунок 4.3.3 – Схема определения расчетной прибыли комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия

В основе процесса обеспечения комплементарного взаимодействия подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания, необходимого для достижения цели предприятия, находится организационно-экономический механизм формирования рыночных отношений между этими подсистемами. Алгоритм взаимодействия в условиях рыночных отношений между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания оборудования представлен на рисунке 4.3.4 [261-264].



* - расценки, рассчитанные на основе сложившихся на предприятии нормативов затрат.
Для ориентира также целесообразно использовать данные других предприятий.

Рисунок 4.3.4 – Алгоритм взаимодействия
в условиях рыночных отношений между подсистемами организации работы
и ремонтного обслуживания оборудования

Для обеспечения непрерывного и цикличного проектирования и развития подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания подобраны методы формирования согласованного взаимодействия субъектов системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования в условиях достижения новой цели предприятия, применение которых позволяет полноценно осуществлять все этапы цикличного развития: разработка решений, организация исполнения решений, контроль исполнения решений, закрепление полученных результатов (таблица 4.3.1) [265, 266].

Таблица 4.3.1. Методы формирования согласованного взаимодействия субъектов системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Циклы развития	**Последовательность применения методов**		
	№1	№2	№3
Разработка решений	Аналитико-имитационное моделирование параметров двух подсистем. Расчеты производительности оборудования и труда. Расчеты себестоимости и эффективности	Структурно-функциональный анализ. Эвристический прогноз. Расчет рисков	Стажировки. Изучение и освоение передового опыта. Разработка и освоение карт рисков и реестров опасных производственных ситуаций
Организация исполнения решений	Разработка и освоение регламентов, сетевых графиков, положений, стандартов. Персонифицированный учет результатов. Система непрерывных улучшений	Декомпозиция общей цели на должностные обязанности. Реструктуризация подсистем. Система ценностей в корпоративных правилах	Лицевые счета. Сетевое планирование. Календарные план-графики. Подготовка и установление рекордов производительности.
Контроль исполнения	Физическое моделирование последствий. Бюджетирование производства.	Поведенческий аудит безопасности	Выявление, предупреждение и устранение опасных производственных ситуаций
Закрепление полученных результатов	Мониторинг состояния производственной среды	Мониторинг времени производительной работы персонала и оборудования. Мониторинг классности персонала	Мониторинг бюджета и лицевых счетов. Мониторинг системы ценностей

Важным условием для обеспечения комплементарного взаимодействия подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания является формирование схемы взаимодействия работников всего

предприятия, при которой руководитель не выполняет за подчиненного часть его функций, а наоборот. Так, например, в подсистеме ремонтного обслуживания оборудования слесарю необходимо принимать участие в разработке технологических карт на ремонт; участковому механику – в разработке регламентов и стандартов на ремонт (Приложение Г) и эксплуатацию оборудования; старшему механику – в планировании ресурсов на обеспечение работоспособности оборудования и организации заключения договоров; главному механику – в определении целей, задач и механизмов развития подсистемы как значимой части предприятия [234, 267-269].

Взаимодействие, при котором подчиненный выполняет часть функций руководителя, позволяет работникам постепенно осваивать решения более сложных и масштабных задач, что способствует повышению квалификации работников, необходимой при освоении новых функций и должностных обязанностей в процессе повышения качества функций подсистем.

Поскольку комплекс технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия включает в себя различные виды оборудования, которые в свою очередь состоят из взаимосвязанных механизмов, агрегатов, деталей, требуется дифференцированный подход к воздействию на их техническое состояние. Дифференцированный подход воздействия на техническое состояние составляющих всей иерархической структуры комплекса технологического горного оборудования должен обеспечивать улучшение характеристик производственного цикла: длительность, себестоимость, надежность и безопасность. Рост уровня безопасности в производственном цикле основан на повышении степени защищенности работников предприятия от негативных событий. В таблице 4.3.2. представлены подобранные и адаптированные решения, позволяющие дифференцированно воздействовать на всю иерархическую структуру комплекса технологического горного оборудования для улучшения характеристик производственного цикла.

Таблица 4.3.2. Основные решения для улучшения характеристик производственного цикла на основе воздействия на иерархическую структуру комплекса технологического горного оборудования

Объект управления системы эксплуатации	**Характеристики производственного цикла**		
	Себестоимость	**Длительность**	**Безопасность**
Комплекс технологического горного оборудования	Обеспечение рациональной приведенной длительности производственного цикла, целесообразных сроков службы оборудования, рациональной величины его производительности и расчетной прибыли	Формирование рациональных периодичности и объема ремонтных воздействий по видам оборудования с учетом производительности оборудования	Выявление, предупреждение и устранение опасных производственных ситуаций, возникающих при «контактировании» оборудования, работающего на сопряженных технологических этапах
Вид оборудования	Формирование рациональной среды и режимов работы оборудования с учетом горно-геологических особенностей месторождения и задач технологического этапа производственного цикла	Обоснование стратегии ремонтного обслуживания оборудования с учетом качества рабочей среды и режимов его работы	Поведенческий аудит безопасности при эксплуатации и ремонтном обслуживании видов оборудования. Выявление, предупреждение и устранение опасных производственных ситуаций, возникающих при взаимодействии подсистем организации работы и ремонтного обслуживания
Механизм	Формирование рациональных режимов работы оборудования с учетом климатических особенностей и процессов технологического этапа	Формирование типа контроля работоспособности с учетом срока эксплуатации оборудования, квалификации операторов, а также особенностей месторождения и климатической зоны. Обеспечение расследования первопричин отказов	Мониторинг классности персонала в части управления оборудованием и его ремонтного обслуживания. Разработка и освоение карт рисков травмирования при ремонтном обслуживании оборудования
Агрегат	Обеспечение рациональных приемов выполнения операций процессов технологического этапа	Формирование дифференцированного метода восстановления работоспособности в зависимости от технического состояния агрегата и задач технологического этапа	Стажировка производственного персонала в процессах ремонтного обслуживания оборудования. Сетевое планирование процессов ремонтного обслуживания
Деталь	Обеспечение выполнения операторами ежесменного обслуживания	Обеспечение контроля качества в процессе ремонта и до установки детали на оборудование	Расчет рисков травмирования персонала при выполнении ежесменного и ремонтного обслуживания оборудования

Важным элементом цикличного развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования является вовлечение в этот процесс всех работников предприятия от операционных работников до директора. Для вовлечения работников и обеспечения непрерывности процесса развития системы эксплуатации необходимо сформировать процесс контроля производимых преобразований. Контроль этого процесса основывается на постоянной оценке достигнутых результатов, сравнении их с запланированными и совместной проработке решений, позволяющих устранять отклонения от плана [270, 271].

Таким образом, методологические основы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволяют преобразовывать ее структуру и параметры процессов, а также повышать уровень реализации ее предназначения для достижения эксплуатационных характеристик и надежности оборудования, соответствующих требованиям к эффективности производства. Методологические основы включают в себя: комплементарный подход; критерий комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования; показатели приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, в общем виде отражающие эксплуатационные характеристики комплекса технологического горного оборудования; закономерности функционирования системы и риск-ориентированный подход к снижению риска сбоя производственного цикла.

Выводы по 4 главе

1. Рассмотрение взаимодействия между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования как ключевой связи, определяющей уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, представляет собой

комплементарный подход к ее развитию. Применение этого подхода позволяет без капитальных вложений повышать уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

2. Предложено результаты совершенствования взаимодействия между подсистемами организации работы оборудовании и его ремонтного обслуживания оценивать динамикой показателей приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, отражающей в общем виде изменение эксплуатационных характеристик комплекса технологического горного оборудования. Под приведенной длительностью производственного цикла понимается суммарная приведенная продолжительность работы комплекса технологического горного оборудования, направленной на обеспечение прохождения единицей полезного ископаемого всех производственных этапов – от подготовки горной массы к выемке до складирования готовой продукции для последующей отгрузки потребителю. Определено, что на горнодобывающих предприятиях России в рамках одного предприятия в зависимости от эффективности функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования приведенная длительность может изменяться в диапазоне до 4 раз, а себестоимость производства – до 3 раз.

3. Обосновано, что комплементарность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обусловленную взаимосоответствием и взаимодополнением подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания, следует применять в качестве критерия развития этой системы. Установлены характерные интервалы значений показателя комплементарности системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования: менее 0,2; 0,2-0,7; более 0,7.

4. Выявлено, что характерным интервалам значений показателя комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования соответствуют определенные значения приведенной

длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции. При величине комплементарности менее 0,2 значения этих показателей более чем в 2 раза превышают минимально возможные, при 0,2-0,7 – не менее чем в 1,5 раза превышают минимально возможные значения, при величине более 0,7 – могут быть достигнуты минимально возможные значения этих показателей.

5. Условием обеспечения комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования является формирование и освоение организационно-экономического механизма формирования рыночных отношений между этими подсистемами. Освоение этого механизма позволяет осуществить декомпозицию цели предприятия на функции и задачи подсистем, сформировать баланс ответственности и полномочий, а также обеспечить равноценные и взаимовыгодные отношения между ними.

6. Разработан риск-ориентированный подход к снижению риска сбоев производственного цикла предприятия в процессе функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, учитывающий качество условий работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования. Предложена методика выбора стратегии проведения ремонтов комплекса технологического горного оборудования для обеспечения приемлемого уровня риска сбоев производственного цикла предприятия.

Глава 5. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

5.1. Результаты реализации методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на предприятиях открытой разработки месторождений

Обоснованные комплементарный подход; критерий комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования; показатели приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, в общем виде отражающие эксплуатационные характеристики комплекса технологического горного оборудования; закономерности функционирования системы и риск-ориентированный подход к снижению риска сбоя производственного цикла применялись на разрезоуправлении «Новошахтинское» ООО «Приморскуголь», на обогатительной фабрике (ОФ) и разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия».

В разрезоуправлении «Новошахтинское» необходимость развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования была обусловлена проведенным исследованием эффективности работы экскаваторов [272-274, 301]. На первом этапе исследования был произведен расчет возможной производительности нового импортного экскаватора Hitachi EX2500 в условиях разрезоуправления «Новошахтинское» при различных технологических схемах. В результате было определено, что наиболее целесообразной схемой является работа экскаватора с нижним черпанием и погрузкой в автосамосвалы на горизонте стояния. Это должно было обеспечить за рабочую 12-часовую смену в среднем 8512 м^3 экскавированной горной массы (таблица 5.1.1). Однако фактический результат работы этого экскаватора в первый месяц эксплуатации по целесообразной технологической схеме оказался в 2 раза ниже ожидаемого – объемы горной массы, отгруженные экскаватором в январе, составили 201 тыс. м^3. Проведение и анализ хронометражных наблюдений позволили установить фактический баланс сменного фонда времени

Hitachi EX2500, согласно которому доля времени производительной работы этого экскаватора составила всего 38 % (рисунок 5.1.1).

Таблица 5.1.1. Основные параметры технологических схем отработки вскрышных уступов экскаватором Hitachi EX2500 [272]

Параметры	**Технологические схемы**			
	Работа экскаватора с верхним черпанием и погрузкой автосамосвала на горизонт стояния	Работа с нижним черпанием и погрузкой автосамосвала на горизонт стояния	Работа с нижним черпанием и погрузкой автосамосвала на горизонт ниже стояния экскаватора	Работа одновременно с верхним и нижним черпанием
1. Рациональная высота забоя, м	от 4 до 8	до 7	от 4 до 5	13
1.1. Верхнее черпание, м	от 4 до 8	-	-	8
1.2. Нижнее черпание, м	-	до 7	от 4 до 5	5
2. Ширина отрабатываемой заходки, м	22	25	20	8
3. Отрабатываемые объемы с одной оси до последующего перемещения, м^3	от 480 до 961	840	440	570
3.1. Верхнее черпание, м^3	от 480 до 961	-	-	350
3.2. Нижнее черпание, м^3	-	840	440	220
4. Средний угол поворота на разгрузку, град	90	90	120	
4.1. Верхнее черпание, град	90	-	-	135
4.2. Нижнее черпание, град	-	90	120	90
5. Время на цикл отработки с одной оси с учетом работы бульдозера, мин				
5.1. Верхнее черпание, мин	от 46 до 82 мин	-	-	46
5.2. Нижнее черпание, мин	-	40	40	40
Минимальное расстояние, преодолеваемое экскаватором в течение смены, м	41,8	48	72,4	70,3
Расчетная производительность на 12 часовую смену, м^3/смену	7361	8512	7235	7313
Расчетная месячная производительность, тыс.м^3	397	459	390	395

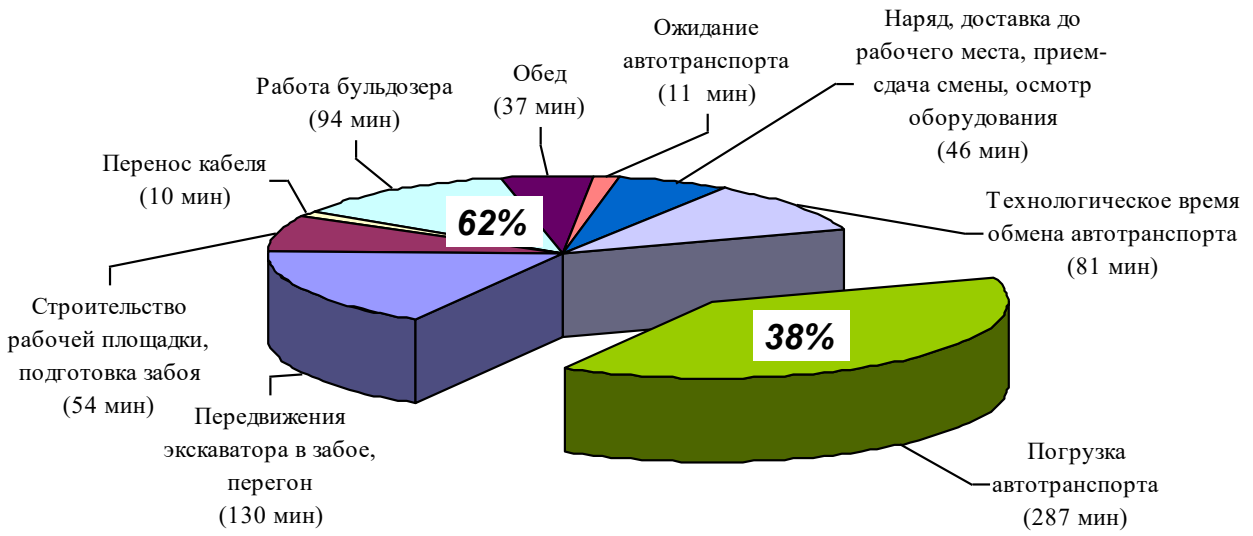


Рисунок 5.1.1 – Структура сменного фонда времени экскаватора HITACHI EX2500 (по результатам хронометражных наблюдений за февраль 2011г.) [272]

Таким образом, хронометражные наблюдения позволили установить, что значительная доля потерь рабочего времени нового экскаватора преимущественно обусловлена неудовлетворительным уровнем взаимодействия между оборудованием, работающим на смежных этапах производственного цикла предприятия, – автосамосвал, экскаватор, бульдозер. Для повышения эффективности эксплуатации данных видов горно-транспортного оборудования, опираясь на закономерность ограничения эффективности системы эксплуатации подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции, были реализованы решения по улучшению организации производства, ключевыми из которых явились [272]:

1. Создание комплексной бригады в составе экскаватора Hitachi EX2500, автосамосвалов БелАЗ-75131 в количестве 4-5 шт. и бульдозера Liebherr-764. Это позволило освоить дополнительные резервы по повышению эффективности рабочего времени работников и оборудования путем более тесной увязки и упорядочивания технологических процессов для достижения целей предприятия.

2. Определение полномочий и ответственности персонала служб организации работы и ремонтного обслуживания оборудования предприятия в части реализации задач по повышению времени производительной работы комплексной бригады.

3. Разработка и внедрение регламентов, позволивших обеспечить требуемый минимальный уровень потерь рабочего времени комплексной бригады. Эти регламенты включают в себя описание порядка работы в сменах, приема-передачи смен с продолжительностью и последовательностью основных и подготовительно-заключительных операций.

В результате реализации мероприятий, направленных на улучшение организации работы экскаватора, в феврале 2011 г. было достигнуто увеличение его производительности в 1,7 раза – с 201 тыс. м^3 до 351 тыс. м^3.

В процессе дальнейшего исследования возможностей развития системы эксплуатации экскаватора Hitachi EX250 для повышения качества подготовки забоя и автодороги было принято решение о привлечении дополнительного оборудования: бульдозера Д-85, грейдера ДЗ-98 и гидравлического экскаватора с емкостью ковша 0,9 м^3 марки Hitachi ZX-225. В итоге производительность экскаватора в марте 2011 г. достигла величины 472 тыс. м^3, что составляет 135% по отношению к результатам, достигнутым в январе 2011 г. При этом доля времени производительной работы экскаватора увеличилась в 2 раза (рисунок 5.1.2) [272].

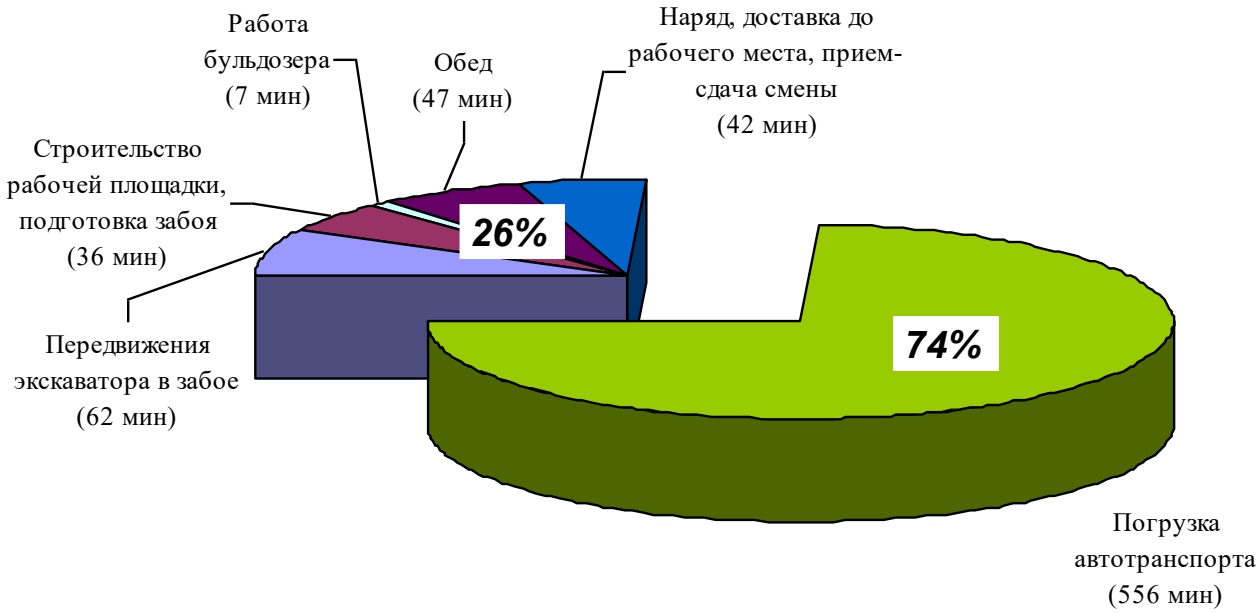


Рисунок 5.1.2 – Структура сменного фонда времени экскаватора HITACHI EX2500 (по результатам хронометражных наблюдений за апрель 2011 г.)

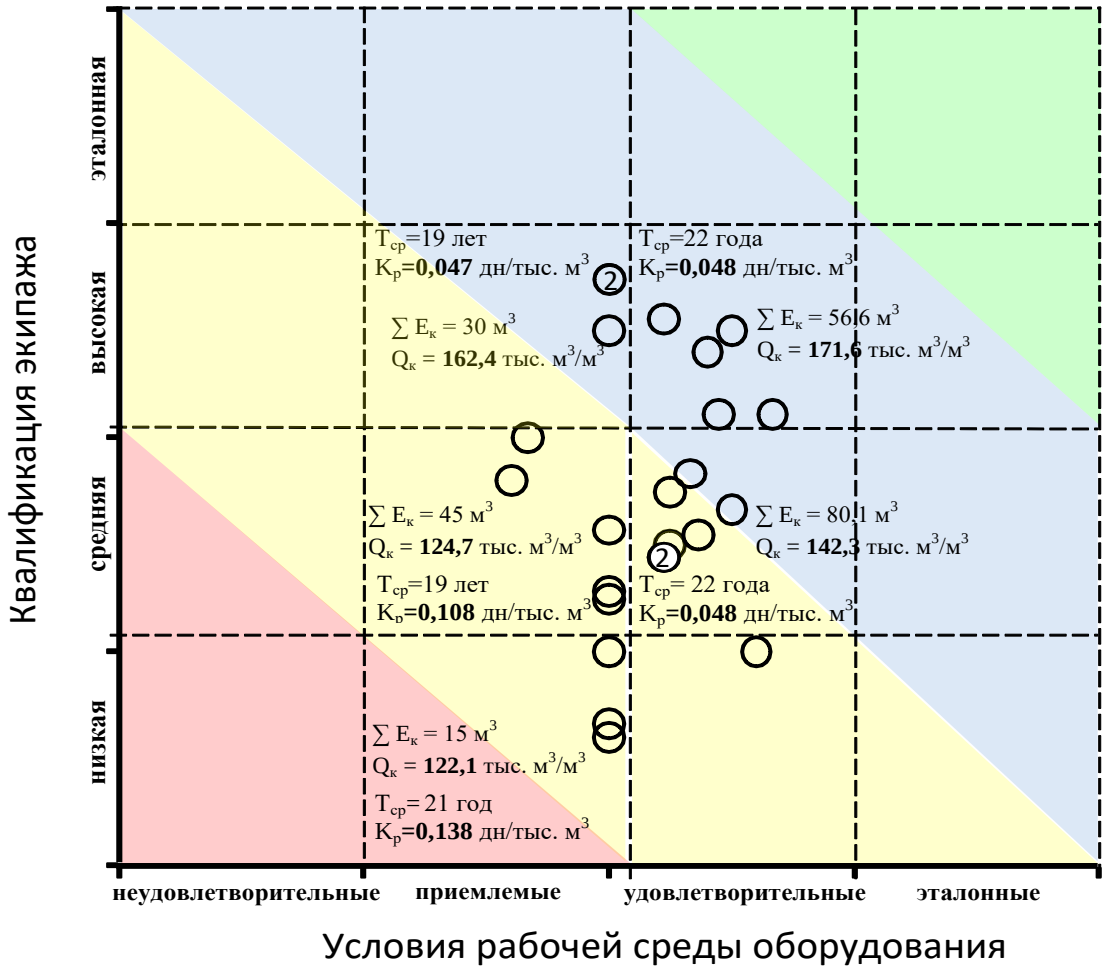
Следует отметить, что при увеличении времени производительной работы экскаватора в 2 раза увеличение месячной производительности этой машины составило 2,3 раза (соотношение объемов работ за март и январь). Опережение роста производительности по отношению к времени производительной работы в 1,15 раза обеспечено путем повышения комплементарности в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, задействованного на смежных этапах производственного цикла.

На втором этапе применения методологических основ в разрезоуправлении «Новошахтинское» ООО «Приморскуголь» была разработана и освоена система учета количества отказов экскаваторов и продолжительности нахождения на ремонтном обслуживании этих машин, позволяющая группировать узлы, механизмы и детали каждого экскаватора по показателю наработки между отказами, а также сравнивать ключевые технологические и организационные параметры рабочей среды этих машин, что представлено на рисунке 5.1.3.

Установлено, что экскаваторы, работающие в удовлетворительных условиях рабочей среды и при высокой квалификации экипажа, имеют удельную годовую производительность в 1,2 раза выше и удельное время нахождения в ремонте в 1,8 раза меньше, чем среднее значение этих показателей по другим экскаваторам. Срок эксплуатации оцениваемых экскаваторов сопоставим – 19-22 года.

Для повышения эффективности системы эксплуатации горного оборудования был сформирован механизм, обеспечивающий заинтересованность персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания в поиске и реализации решений, обеспечивающих улучшение рабочей среды и режимов работы, технологии и организации ремонтного обслуживания. Найденные решения фиксируются в виде документа, где описываются назначение, принцип работы устройств, подготовка и порядок эксплуатации и техника безопасности. Персонал, участвующий в поиске и реализации решений, поощряется в зависимости от уровня его вклада в

достижение результата. В результате освоения данного механизма за период 2010-2015 гг. в разрезоуправлении «Новошахтинское» ООО «Приморскуголь» персоналом подсистем организации работы и ремонтного обслуживания были реализованы решения, позволившие повысить удельную производительность экскаваторов, выражаемую нагрузкой на 1 м^3 ковша, в 2 раза, что обеспечило сокращение количества этих машин в 2,5 раза и существенно сократило продолжительность и себестоимость производства предприятия (рисунок 5.1.4) [275, 276].



$T_{ср}$ – средний срок эксплуатации, лет;
$K_р$ – удельное время нахождения экскаваторов в ремонте, дн/тыс.м^3;
∑ $E_к$ – суммарная емкость ковшей экскаваторов, м^3;
$Q_к$ – удельная годовая производительность экскаваторов, тыс. м^3/м^3 емкости ковша;
② – количество экскаваторов.

Рисунок 5.1.3 – Распределение экскаваторов в зависимости от условий рабочей среды и квалификации экипажей

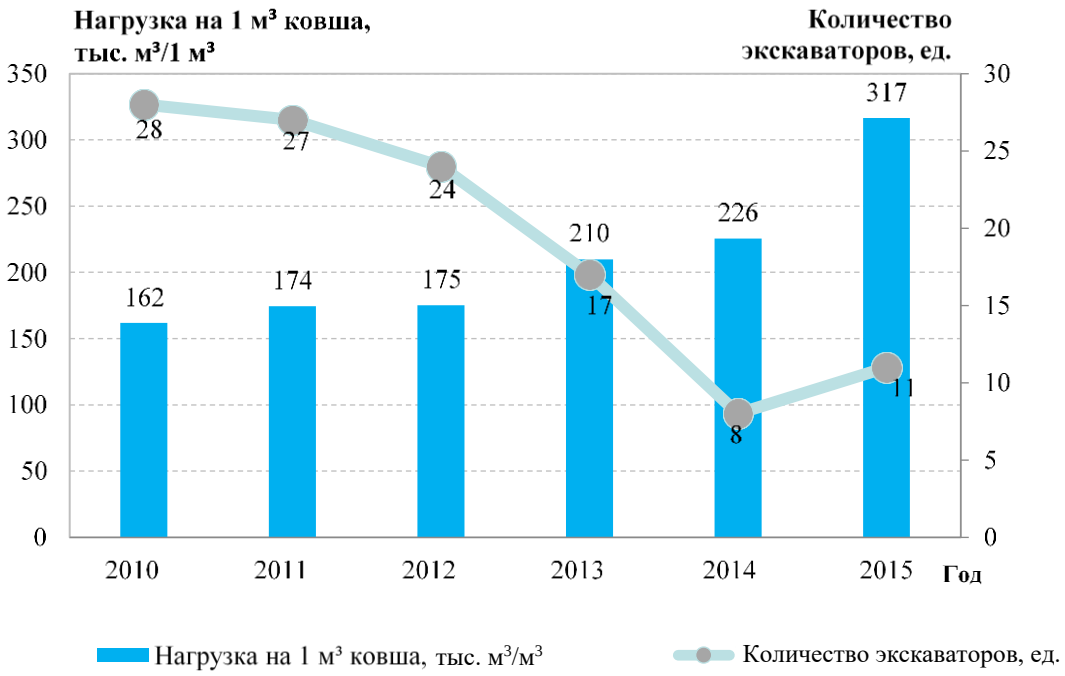


Рисунок 5.1.4 – Удельная производительность и количество экскаваторов в разрезоуправлении «Новошахтинское»

На обогатительной фабрике ООО «СУЭК-Хакасия» (далее – ОФ) в 2013 г. в рамках решения задачи достижения объемов переработки не менее 600 тыс. т угля в месяц (7200 тыс. т/год) с приемлемым уровнем безопасности и эффективности производства была произведена оценка продолжительности производственного цикла фабрики. Она позволила установить, что для достижения требуемого объема переработки необходимо существенно снизить продолжительность простоев ее оборудования во внеплановых ремонтах, а также сократить количество его внезапных отказов [277, 278]. Анализ технико-экономических показателей фабрики показал, что «узким» звеном, не позволяющим снизить продолжительность ремонтного обслуживания оборудования и количество его отказов, является несоответствие результативности подсистемы ремонтного обслуживания потребностям подсистемы организации работы оборудования. Ключевым фактором, обусловливающим установленное несоответствие являлся недостаточный уровень заинтересованности персонала подсистемы ремонтного обслуживания в повышении качества своего труда. Это было связано с отсутствием равноценных и взаимовыгодных отношений между обеими

подсистемами. В результате этого увеличение объемов переработки в 2013 г. обусловливало увеличение количества внезапных отказов оборудования ОФ. В свою очередь, рост количества внезапных отказов оборудования ОФ приводил к увеличению продолжительности внеплановых ремонтов оборудования.

Для обеспечения соответствия результативности подсистемы ремонтного обслуживания оборудования ОФ потребностям подсистемы организации его работы с применением разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования в период 2013-2015 гг. был сформирован и освоен организационно-экономический механизм, позволяющий повысить уровень заинтересованности персонала подсистемы ремонтного обслуживания в повышении качества своего труда. В частности, была сформирована и освоена система премирования персонала подсистемы ремонтного обслуживания, увязывающая величину их премии с целевыми показателями ОФ по продолжительности и качеству проводимых ремонтов оборудования. Наряду с разработкой и освоением системы премирования были произведены изменения в части:

– перераспределения ответственности механиков за техническое состояние оборудования с учетом специализации, технического состояния оборудования и их квалификации;

– системы контроля технического состояния оборудования, на базе которой реализуются упреждающие действия, позволяющие переводить внезапные отказы в прогнозируемые;

– системы снижения рисков возникновения внезапных отказов оборудования, позволяющей в зависимости от тяжести и последствий отказа устанавливать приоритет при планировании, подготовке и контроле ремонта;

– стандартов и норм на ремонт оборудования для упорядочивания его процессов, обучения и повышения квалификации механиков, слесарей и других специалистов подсистемы ремонтного обслуживания;

– системы учета результатов труда персонала подсистемы ремонтного обслуживания, позволяющей выявлять и устранять дисбаланс в полномочиях и ответственности каждого работника.

Освоение организационно-механического механизма позволило изменить структуру времени, затрачиваемого на внеплановые ремонты и ППР [279]. Доля времени на ППР увеличилась в 1,5 раза, при этом снизилась доля затрат времени на устранение внезапных отказов в 1,7 раза. В результате сформировалась тенденция к сокращению среднемесячного количества отказов оборудования при условии дальнейшего наращивания производительности оборудования (рисунок 5.1.5).

Рисунок 5.1.5 – Количество внезапных отказов оборудования ОФ за февраль 2013 г – ноябрь 2014 г.

Оценка результатов применения методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на ОФ ООО «СУЭК-Хакасия» за период 2013-2015 гг., показала, что была достигнута, а затем превышена целевая производительность по переработке полезного ископаемого. При этом общее количество внезапных отказов оборудования фабрики и затраты на его ремонтное обслуживание сократились в 1,7 раза (рисунок 5.1.6).

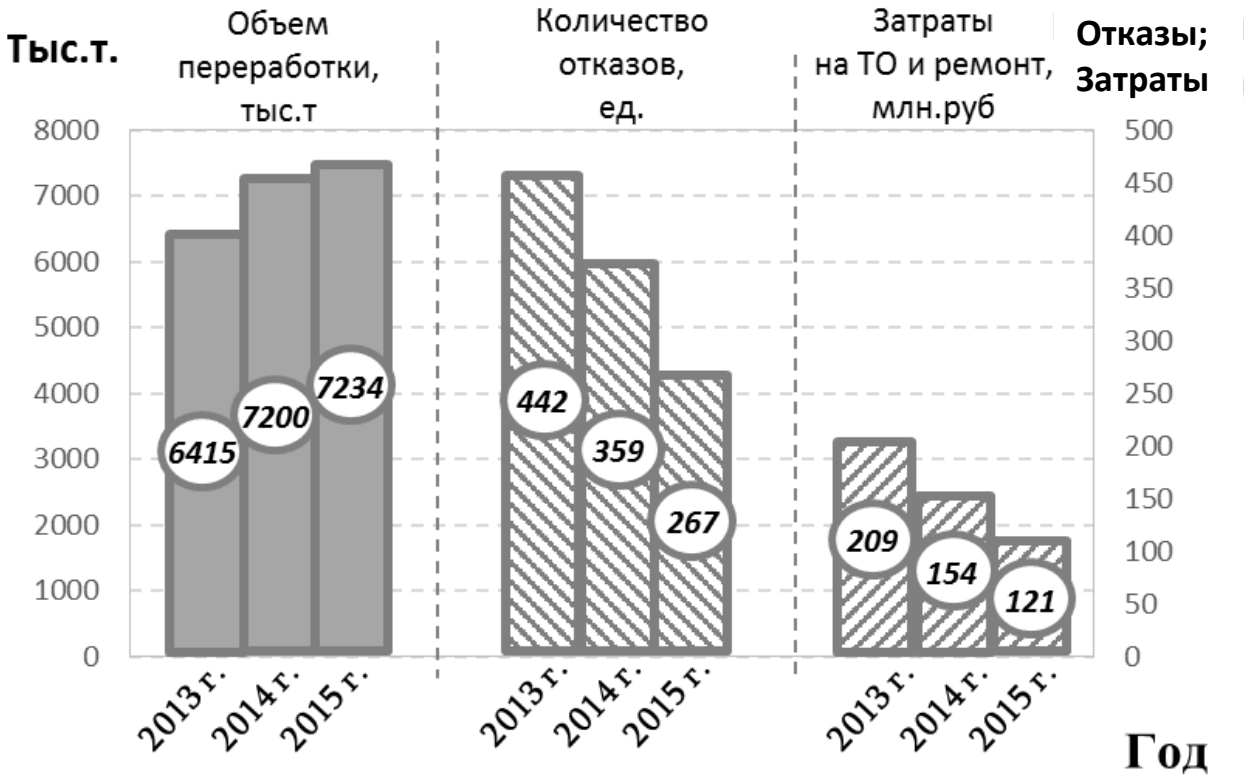


Рисунок 5.1.6 – Результаты применения методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на обогатительной фабрике ООО «СУЭК-Хакасия»

На разрезе «Черногорский» применение разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования осуществлялось с целью повышения эффективности процессов организации работы и ремонтного обслуживания карьерных автосамосвалов БелАЗ и гидравлических экскаваторов Komatsu PC4000. Основой повышения эффективности этих процессов являлось повышение уровня комплементарности между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания автосамосвалов и экскаваторов [280]. Исследование связей параметров системы эксплуатации данных видов оборудования и характеристик производственного цикла разреза, результаты которого представлены в параграфе 2.2, позволило определить, что для обеспечения требуемого уровня комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания автосамосвалов БелАЗ необходимо

осуществить развитие функций управления, характеристики которых обусловливают уровень взаимодополнения между подсистемами.

В части функции планирования, опираясь на выявленную закономерность функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, заключающуюся в том, что организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения этой системы, было осуществлено изменение подхода к разработке графика постановки автосамосвалов на техническое обслуживание, учитывающего продолжительность видов ТО, с целью минимизации возникновения переходящих ТО. Это позволило за период январь-ноябрь 2020 г. по отношению к средним показателям за 2019 г. сократить долю переходящих ТО по парку автосамосвалов БелАЗ-7513 и 75306 в среднем в 2,8 раза – с 45% до 16%. При этом удельное количество отказов автосамосвалов сократилось в 1,2 раза. По автосамосвалам БелАЗ-75306 доля переходящих ТО сократилась в 2,4 раза – с 43% до 19%, а количество отказов сократилось в 1,5 раза – с 70 до 43 отказов на 1 автосамосвал в год (рисунок 5.1.7) [281, 282].

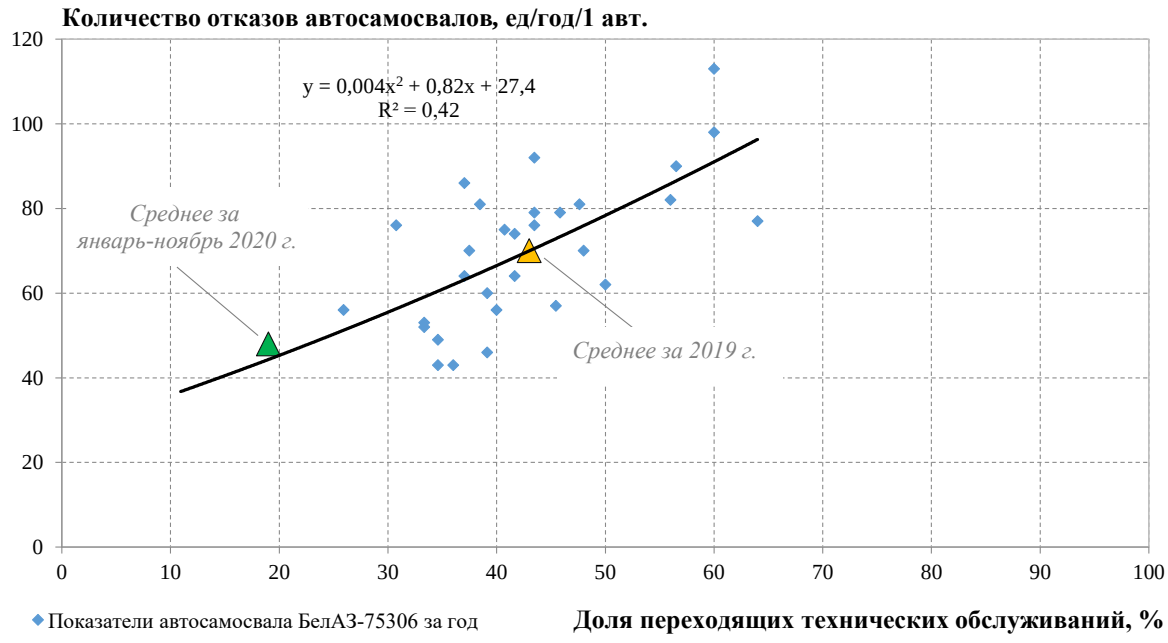


Рисунок 5.1.7 – График изменения количества отказов автосамосвалов БелАЗ-75306 и доли переходящих ТО

Кроме этого, с целью сокращения количества отказов, приходящихся на переходящие ТО, специалистами подсистемы ремонтного обслуживания автосамосвалов был обеспечен контроль качества передачи ТО из смены в смену посредством анализа количества отказов после переходящих ТО, а также еженедельного информирования слесарей бригад ТО о достигнутых показателях их деятельности. Это позволило за период январь-ноябрь 2020 г. по отношению к среднемесячным показателям 2019 г. сократить количество отказов, приходящихся на одно переходящее ТО в среднем в 1,3 раза.

Оценка изменения количества отказов по основным узлам и агрегатам автосамосвалов БелАЗ показала, что существенное сокращение доли переходящих ТО положительно сказалось на техническом состоянии пневматической системы, системы смазки, двигателя внутреннего сгорания, подвески, колес и шин, гидросистемы, электрооборудования и на количестве выполняемых сварочных работ. Расчетным путем определено, что за январь-ноябрь 2020 г. удалось избежать 362 отказа по вышеуказанным узлам и агрегатам (рисунок 5.1.8).

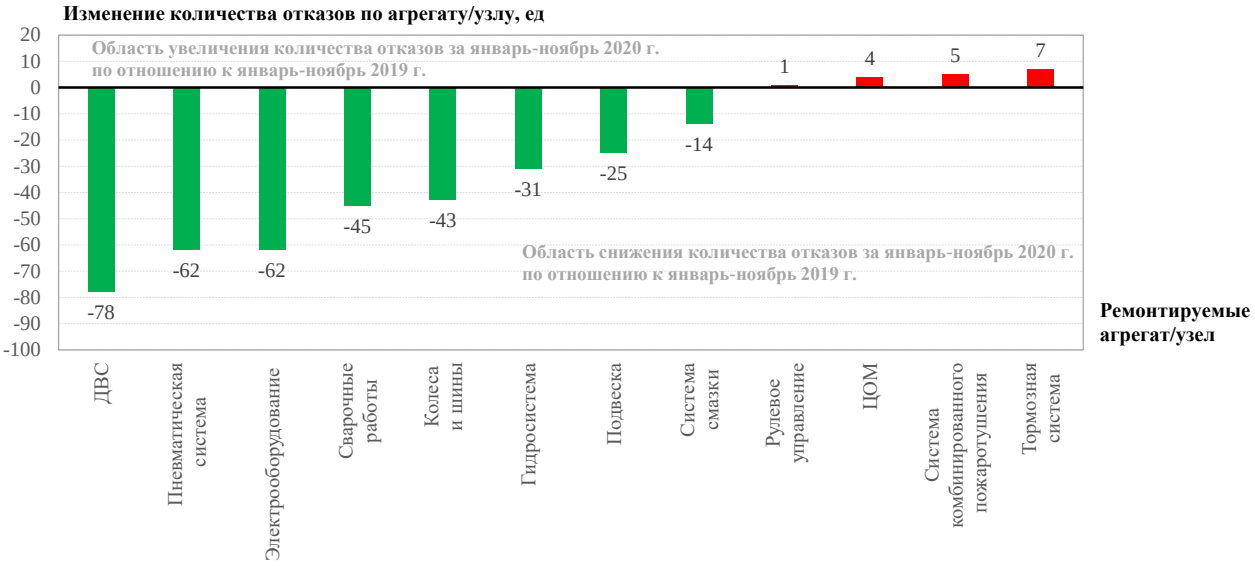


Рисунок 5.1.8 – Изменение количества отказов узлов и агрегатов парка автосамосвалов БелАЗ

Также с целью формирования взаимовыгодных отношений и эффективного взаимодействия персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания автосамосвалов БелАЗ разреза «Черногорский» по достижению поставленной цели развития системы эксплуатации данного вида оборудования была разработана схема организации проведения технического обслуживания и ремонта автосамосвалов, обеспечивающая заинтересованность специалистов обеих подсистем во взаимном контроле выполнения функций, обеспечивающих повышение уровня работоспособности этих машин. На рисунке 5.1.9 представлены существовавшая и освоенная схемы организации проведения технического обслуживания и ремонта автосамосвалов БелАЗ [283].

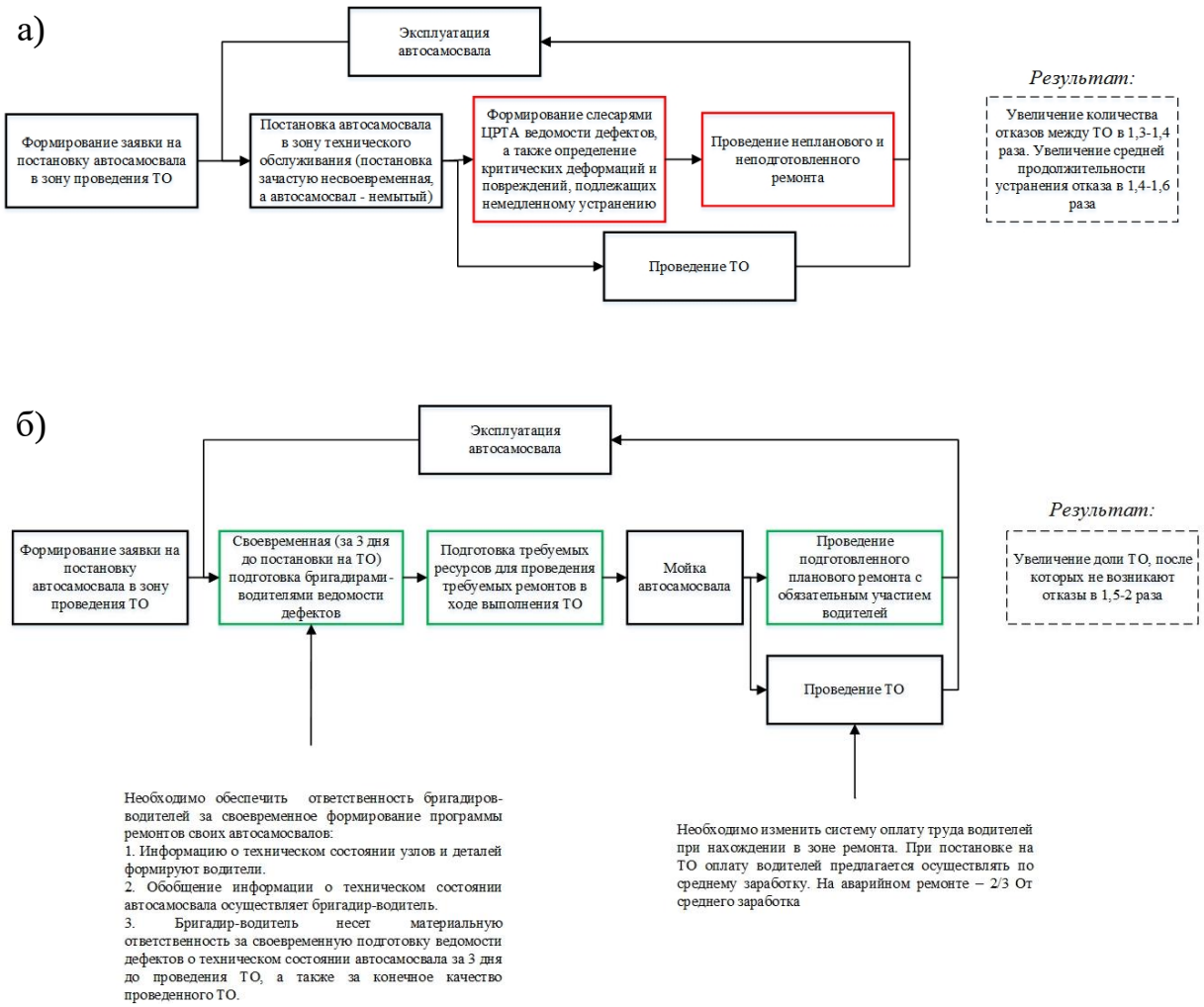


Рисунок 5.1.9 – Схема существовавшей (а)
и освоенной (б) организации проведения ремонтов во время ТО

В результате преобразований на разрезе «Черногорский» водителями автосамосвалов БелАЗ за 5-6 дней до проведения ТО подготавливаются чек-листы о техническом состоянии автосамосвалов БелАЗ, начальником службы материального снабжения своевременно подготавливаются необходимые запчасти, а механиками ЦРТА осуществляется заблаговременная подготовка персонала и оборудования к проведению сопутствующих ТО ремонтов. Линейными руководителями ГТЦ освоена форма учета всех ремонтных воздействий и показателей наработки основных узлов и агрегатов автосамосвалов, что позволяет осуществлять контроль качества проводимых ремонтов.

За период октябрь-ноябрь 2019г. относительно показателей за январь–июль 2019г. за счет своевременной подготовки запчастей к проведению сопутствующих ТО ремонтов было достигнуто снижение продолжительности проведения обслуживания на 5-12 % в зависимости от вида ТО, а также сокращение количества отказов на 7-20% по видам БелАЗ [163].

При этом обеспечение достоверного информирования между подсистемами о техническом состоянии автосамосвалов сделало возможным совершенствование системы оплаты труда водителей и исключило нахождение этих машин в зоне ремонта на внеплановых диагностиках из-за существовавшей заинтересованности водителей «скрываться» в зоне ремонта для повышения своей заработной платы (см.рисунок 2.2.10, параграф 2.2). В результате в течение восьми месяцев была увеличена доля работников, находящихся в удовлетворительной области относительно времени производительной их работы в 2,5 раза – с 20% до 50% (рисунок 5.1.10) [284, 285].

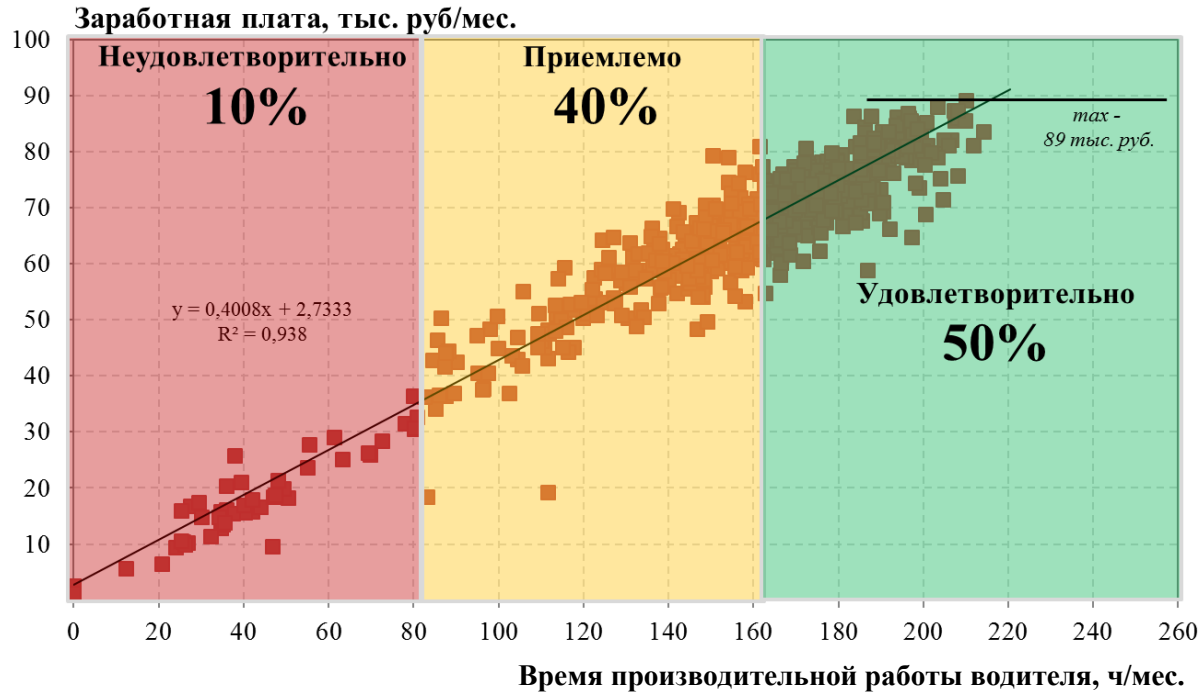


Рисунок 5.1.10 – Зависимость заработной платы водителей автосамосвалов БелАЗ-75306 от времени их производительной работы в месяц (за апрель-октябрь 2016 г.)

Также была произведена работа по определению расчетной прибыли и рационального срока службы автосамосвалов БелАЗ в условиях разреза «Черногорский» с целью обеспечения более точного контроля результатов достижения цели и решения задач предприятия по снижению себестоимости производства. С использованием данных производственного и финансово-экономического отделов разреза о производительности этих машин и прямых финансовых затратах на их эксплуатацию и ремонт была сформирована база данных, представленная в таблице 5.1.2.

Таблица 5.1.2. Технико-экономические показатели системы эксплуатации автосамосвалов БелАЗ-75306

Гаражный номер	Дата ввода в эксплуатацию	Объем перевезенной горной массы, млн м^3	Срок эксплуатации на конец 2020г., лет	Совокупная стоимость владения (без стоимости покупки новой модели), млн руб.	Величина расчетной прибыли, млн руб.
201	20.12.2012	9,5	8,0	445,8	322,3
202	28.12.2012	9,4	8,0	415,7	349,3
203	15.01.2013	9,7	8,0	431,1	350,2

Продолжение таблицы 5.1.2

Гаражный номер	Дата ввода в эксплуатацию	Объем перевезенной горной массы, млн м^3	Срок эксплуатации на конец 2020г., лет	Совокупная стоимость владения (без стоимости покупки новой модели), млн руб.	Величина расчетной прибыли, млн руб.
204	01.02.2013	10,2	7,9	451,8	372,8
205	14.01.2014	10,3	7,0	342,8	475,0
206	14.01.2014	11,2	7,0	430,4	457,2
207	22.01.2014	11,1	6,9	428,9	445,4
208	22.01.2014	10,5	6,9	379,2	440,6
209	29.01.2014	11,1	6,9	386,1	489,6
210	29.01.2014	10,2	6,9	391,4	409,7
211	01.04.2014	9,8	6,8	419,7	347,2
212	26.12.2014	9,4	6,0	379,3	343,4
214	01.01.2015	9,2	6,0	362,3	337,4
215	27.01.2015	9,8	5,9	381,3	364,0
216	04.02.2015	9,1	5,9	326,8	380,1
217	02.03.2015	9,3	5,8	344,8	363,5
218	18.03.2015	8,9	5,8	321,3	352,4
219	07.12.2015	7,2	5,1	301,9	229,3
220	14.12.2015	7,1	5,1	270,3	252,9
221	21.12.2015	6,6	5,0	250,5	245,2
222	29.12.2015	7,5	5,0	229,0	244,4
223	03.03.2017	6,3	3,8	251,3	213,4
224	03.03.2017	6,9	3,8	242,2	255,4
225	03.03.2017	6,7	3,8	229,5	256,2
226	03.03.2017	6,3	3,8	222,7	241,4
227	01.04.2017	6,5	3,8	218,8	257,1
228	01.04.2017	5,9	3,8	226,6	210,2
229	17.04.2017	5,5	3,7	215,1	186,4
230	17.04.2017	5,1	3,7	167,8	211,0

Для анализа представленных в таблице 5.1.2 данных о величине расчетной прибыли была осуществлена группировка автосамосвалов, в зависимости от их срока эксплуатации. По результатам группировки было выделено 5 групп:

1 группа – средний срок эксплуатации автосамосвалов 8 лет (гаражные номера: 201-204);

2 группа – средний срок эксплуатации автосамосвалов 6,9 лет (гаражные номера: 205-2011);

3 группа – средний срок эксплуатации автосамосвалов 5,9 лет (гаражные номера: 212-218);

4 группа – средний срок эксплуатации автосамосвалов 5 лет (гаражные номера: 219-222);

5 группа – средний срок эксплуатации автосамосвалов 3,8 лет (гаражные номера: 223-230).

В результате анализа было установлено, что, как правило, с ростом срока эксплуатации происходит рост «накопленной» величины расчетной прибыли, однако самосвалы, со сроком эксплуатации 8 лет имеют в среднем в 1,25 раза меньшую величину расчетной прибыли, чем самосвалы со сроком эксплуатации 7 лет. На основании данного факта был сделан вывод, что после 7 лет эксплуатации фактор старения оборудования в условиях разреза «Черногорский» обусловливает перерасход финансовых ресурсов на работу и ремонтное обслуживание автосамосвалов БелАЗ-75306, в результате чего совокупная стоимость владения начинает превышать расчетную прибыль, приносимую оборудованием. При этом в каждой группе автосамосвалов при соизмеримом сроке эксплуатации наблюдается существенная разница по данной величине – от 1,1 до 1,4 раза. Данный факт может обусловливаться как различающейся годовой производительностью, так и продолжительностью выполнения плановых ремонтов машин (см.рисунки 2.2.5, 2.2.8, параграф 2.2) [243].

Также было установлено, что в условиях разреза «Черногорский» рациональный срок службы автосамосвалов БелАЗ-75306 составляет 5 лет, т.к. после прошествии данного срока происходит значительное снижение расчетной прибыли этих машин, что в условиях падения цены на уголь может привести к существенному снижению рентабельности их эксплуатации (рисунок 5.1.11). Расчетным путем было определено, что по состоянию на 2019 г. 83% этих машин являлись прибыльными, 7% – безубыточными, а 10% – не

рентабельными (убыточными). При этом установлено, что в условиях отсутствия сложившегося роста цены на уголь с момента покупки этих машин в 2014 г. только 50% этих машин были бы рентабельными, а 30% являлись бы убыточными. В условиях снижения цены на уголь на 15-20% от первоначальной доля убыточных машин составила бы 60%, а рентабельных – 10% (рисунок 5.1.12).

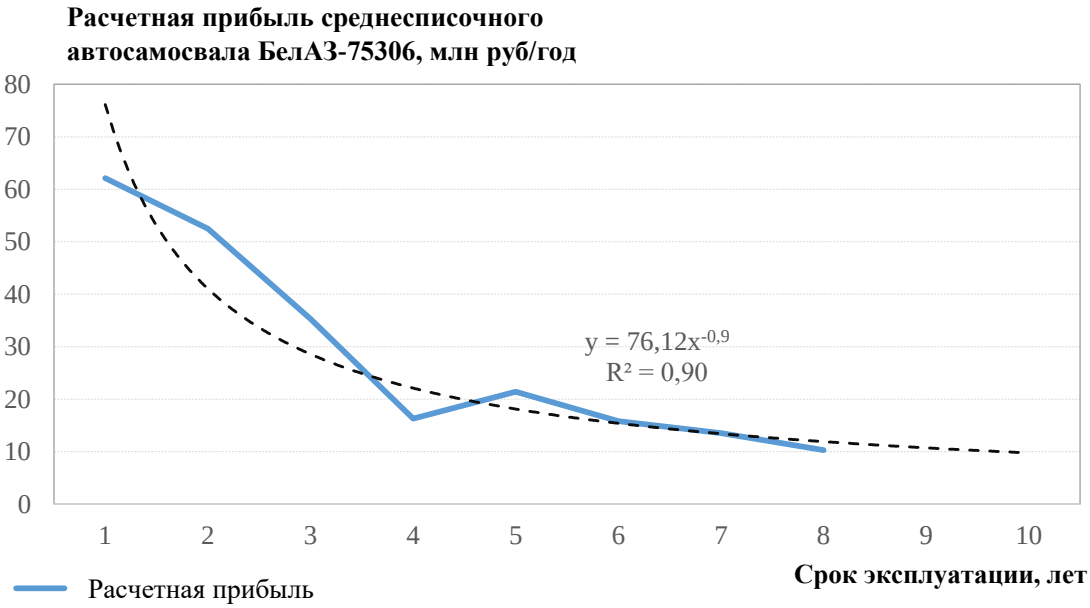


Рисунок 5.1.11 – Величина расчетной прибыли, приносимой среднесписочным автосамосвалом БелАЗ-75306 разреза «Черногорский»

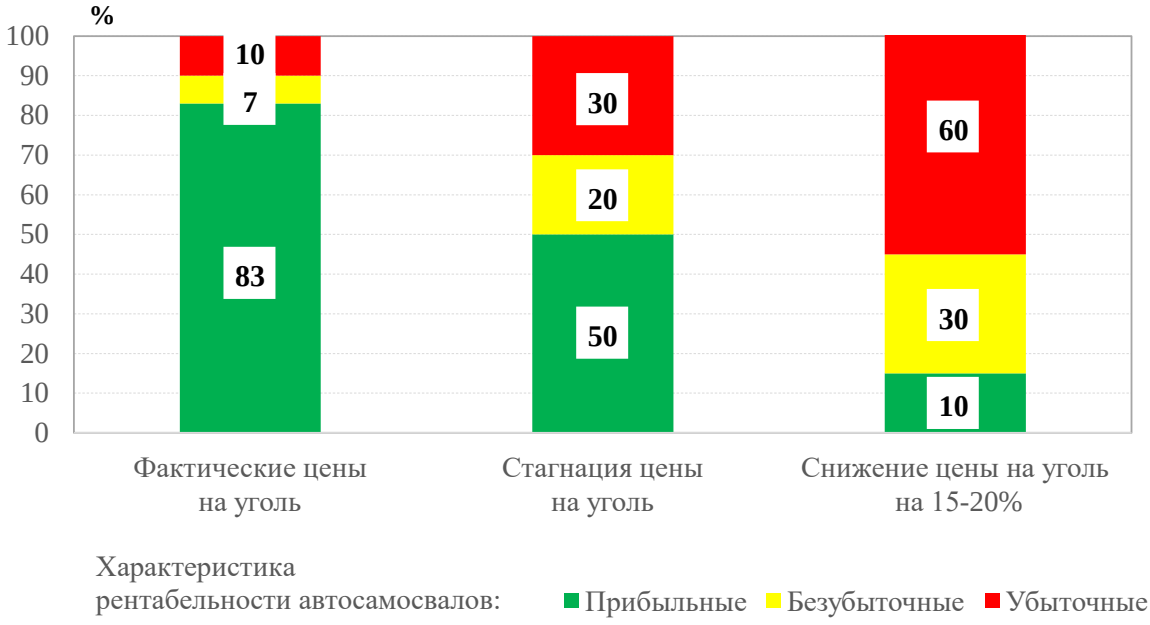


Рисунок 5.1.12 – Рентабельность автосамосвалов БелАЗ-75306 при фактических ценах на уголь и в условиях их прогнозируемого изменения

Аналогичный анализ, произведенный по автосамосвалам БелАЗ-7513 разреза «Черногорский» показал, что рациональный срок их службы составляет 3-4 года. При этом возможность покупки нового автосамосвала такой же модели, за счет «накопленной» оборудованием прибыли, появляется уже на второй год эксплуатации этих машин. Расчетным путем было установлено, что покупка нового автосамосвала на 3 год эксплуатации позволяет увеличить накопленную к 6 году эксплуатации прибыль на 45 млн руб. (рисунок 5.1.13).

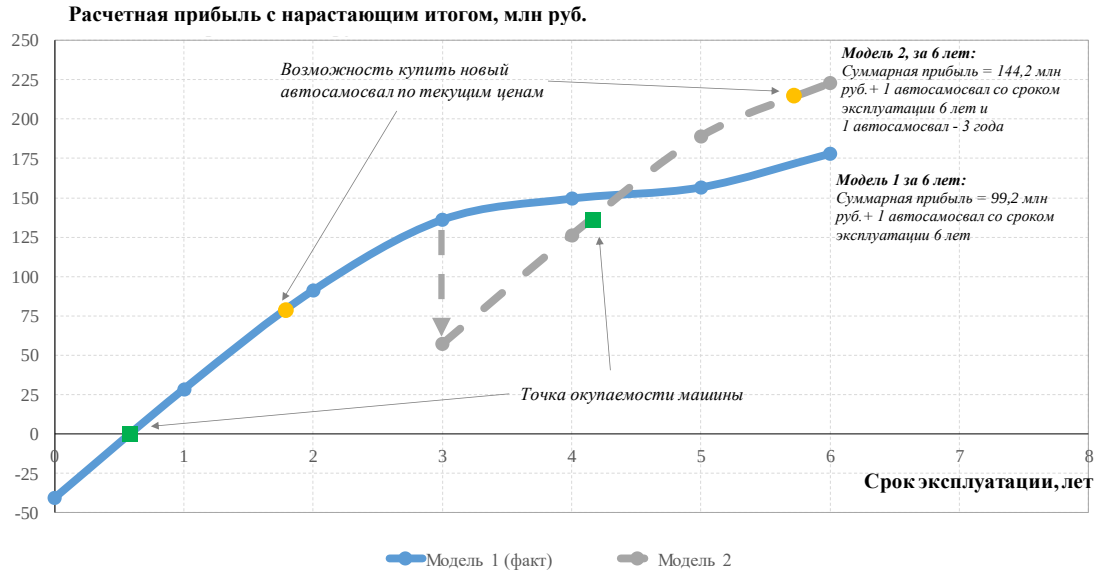


Рисунок 5.1.13 – Возможности увеличения расчетной прибыли на примере автосамосвала БелАЗ-7513 №121 разреза «Черногорский»

Моделирование возможностей повышения величины расчетной прибыли по автосамосвалам БелАЗ-7513 на разрезе «Черногорский» позволило определить, что при улучшении качества рабочей среды и режимов эксплуатации этих машин, а также повышении качества их ремонтного обслуживания возможно увеличить рациональный срок службы данных автосамосвалов с 3-4 лет до 8-10 лет, что обеспечит повышение общей расчетной прибыли парка автосамосвалов БелАЗ-7513 за срок службы на 30-40%. На основании проведенного расчета возможности увеличения рационального срока службы данных автосамосвалов были обоснованы решения по улучшению рабочей среды и режимов работы, а также технологии и организации ремонтного обслуживания этих машин. В результате в

подсистеме организации работы автосамосвалов: произвели обучение водителей рациональным приемам управления машиной; изменили статус и расширили штат дорожно-строительного участка; повысили качество дорог по характеристикам: высота предохранительного вала, ширина проезжей части, уклон дороги, виражи, освещение, колея, наличие наледи и пыли, знаки дорожного движения; обеспечили своевременную постановку оборудования на ремонтное обслуживание и т.п. В подсистеме ремонтного обслуживания: повысили качество процесса расследования отказов; организовали детальный учет всех отказов оборудования с возможностью обнаружения повторяющихся отказов; повысили квалификацию слесарей и механиков для увеличения качества ремонта оборудования; сформировали оборотный фонд критичных запасных частей; изменили стратегию проведения ремонта в зависимости от технического состояния каждого оборудования; организовали опережающий тип контроля технического состояния оборудования; сформировали контроль качества ремонта и т.п. Обоснованные с применением разработанных методологических основ решения по развитию системы эксплуатации автосамосвалов позволили сократить количество внезапных отказов автосамосвалов в 1,6 раза, уменьшить общую продолжительность простоя их в ремонте в 1,5 раза и, как следствие, повысить грузооборот в 1,1-1,2 раза и увеличить рациональный срок службы автосамосвалов в 1,3 раза [1, 212, 225, 232, 233, 237, 243, 249, 254, 258, 259, 261, 280, 295, 297, 303].

Задача развития системы эксплуатации гидравлических экскаваторов Komatsu PC разреза «Черногорский» решалась опираясь на выявленную закономерность, заключающуюся в том, что эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ограничивается подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции. Взаимодополнение подсистем организации работы и ремонтного обслуживания экскаваторов достигалось путем обеспечения информирования и контроля между подсистемами в части получения требуемого уровня технического состояния этих машин. Проведенное на разрезе «Черногорский»

исследование сложившихся приоритетов в оплате труда сотрудников подсистемы организации работы и подсистемы ремонтного обслуживания оборудования позволило выявить отсутствие связи между размером оплаты труда руководителей служб подсистем с показателями, характеризующими своевременность выполнения плановых ремонтов экскаваторов [286, 287]. С целью обеспечения требуемого уровня своевременности была установлена ответственность руководителей подсистем за несвоевременное выполнение плановых ремонтов, что позволило за период январь-май 2019 г. увеличить данный показатель в 1,6 раза по сравнению с показателями 2018 г. и в 1,9 раза за период июнь-октябрь 2019 г. Итоговое увеличение показателя своевременности выполнения плановых ремонтов составило около 3 раз (рисунок 5.1.14) [163].

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ технических показателей работы экскаваторов позволил сформировать графики изменения среднемесячной производительности, удельной стоимости ремонтного обслуживания и доли своевременно выполненных ремонтов этих машин (рисунки 5.1.15, 5.1.16).

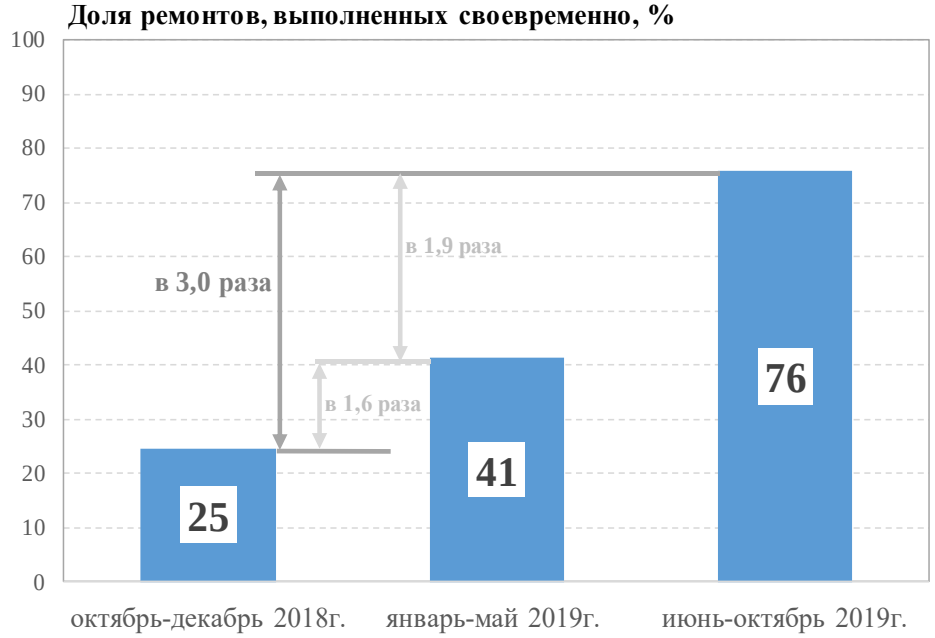


Рисунок 5.1.14 – Доля своевременно выполненных плановых обслуживаний парка экскаваторов разреза «Черногорский» по периодам

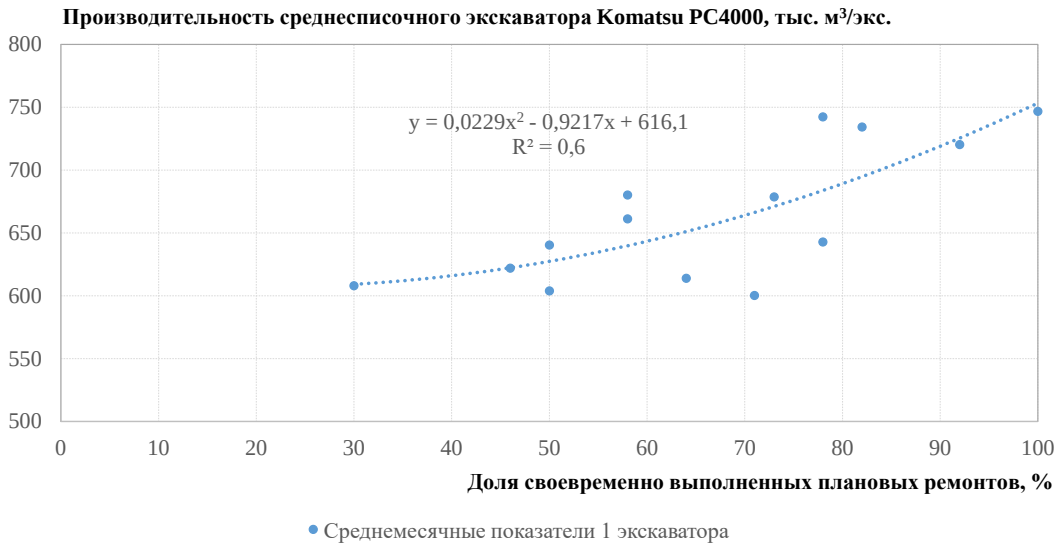


Рисунок 5.1.15 – График изменения среднемесячной производительности экскаваторов Komatsu PC4000 и доли своевременно выполненных ремонтов

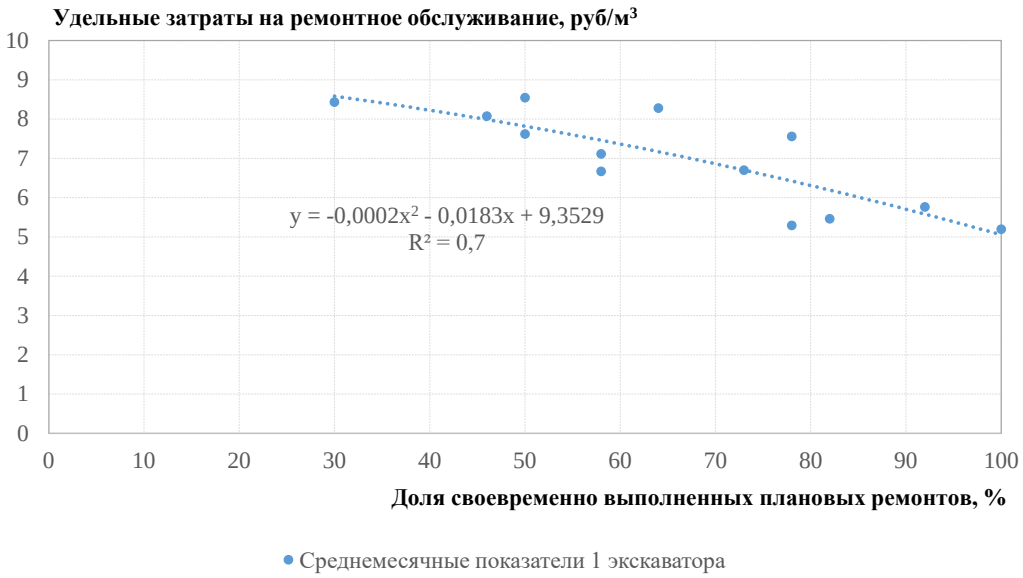


Рисунок 5.1.16 – График изменения удельных затрат на ремонтное обслуживание экскаваторов Komatsu PC4000 и доли своевременно выполненных плановых ремонтов

Расчетным путем установлено, что изменение среднемесячной производительности и удельной стоимости ремонтного обслуживания экскаваторов Komatsu PC4000 обусловливается сокращением количества внезапных отказов их основных узлов и деталей, повышенный износ которых происходил из-за несвоевременно выполняемых обслуживаний. На разрезе «Черногорский» в период существенного роста своевременности выполнения

плановых ремонтов – июнь-октябрь 2019г. – относительно января-мая 2019г., произошло снижение количества отказов по парку экскаваторов Komatsu PC4000 в среднем 1,15 раза.

В целом, проведенная работа по развитию системы эксплуатации экскаваторов Komatsu PC4000 позволила обеспечить взаимосогласованное развитие подсистем организации работы и ремонтного обслуживания этих машин, в результате чего установившаяся тенденция роста количества отказов при росте производительности изменилась на тенденцию сокращения отказов, при росте производительности этих машин. По состоянию на 2018 г. производительность среднесписочного экскаватора Komatsu PC4000 была увеличена в 1,55 раза – с 654 тыс. м^3/ мес. до 1012 тыс. м^3/ мес. А удельное количество отказов этих машин уменьшилось до одного отказа на 1 млн м^3 произведенной экскаватором работы, что на 20% ниже, чем в 2014 году (рисунок 5.1.17) [288].

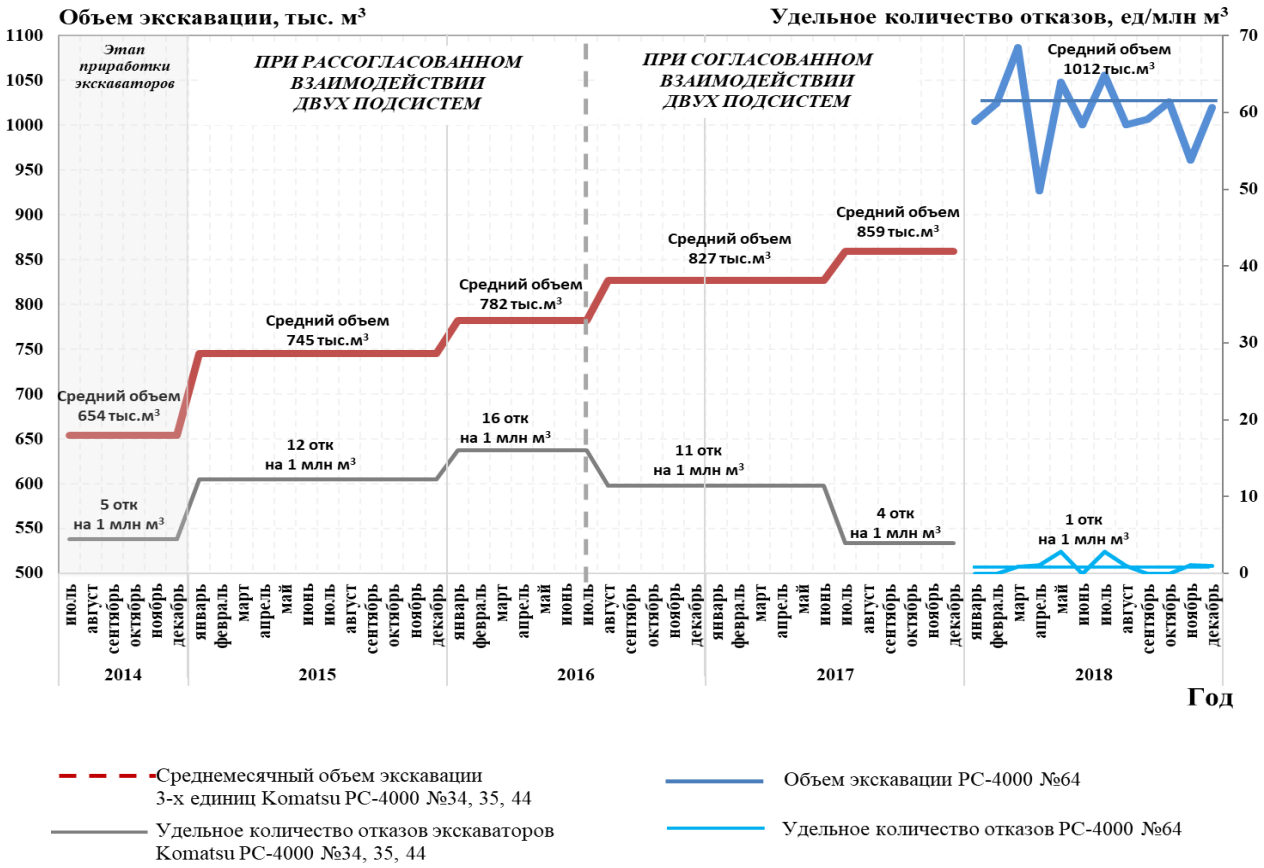


Рисунок 5.1.17 – Среднемесячный объем экскавации и удельное количество отказов среднесписочного экскаватора Komatsu PC4000 разреза «Черногорский»

Также определено, что в условиях разреза «Черногорский» в среднем каждый экскаватор Komatsu PC4000 в первый год своей эксплуатации «приносит» предприятию расчетную прибыль в размере 630 млн руб., а затем данная расчетная прибыль ежегодно убывает по логарифмической зависимости. Это позволило установить, что в условиях разреза «Черногорский» рациональный срок эксплуатации экскаваторов Komatsu PC4000 составляет 15-16 лет, т.к. данные экскаваторы смогут «принести» к моменту их списания еще по 100 млн руб. расчетной прибыли, а на 17-й год станут убыточными при условии сохранения сложившихся параметров системы эксплуатации и динамики изменения цен на продукцию предприятия.

Таким образом, применение разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия открытого способа разработки позволило на разрезе «Черногорский» за период 2015-2020 гг. обеспечить повышение комплементарности в этой системе, а также обосновать целевые результаты ее развития (таблица 5.1.3).

Таблица 5.1.3. Результаты развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования разреза «Черногорский»

Характеристики системы эксплуатации		**I этап (2010-2014 гг.)**	**II этап (2015-2020 гг.)**	**III этап (цель) (2021-2025 гг.)**
Качество реализации функции	Подсистема организации работы оборудования	среднее (см. таблицу 3.2.21)	среднее (см. таблицу 3.2.21)	высокое (см. таблицу 3.2.21)
	Подсистема ремонтного обслуживание оборудования	низкое (см. таблицу 3.2.22)	среднее (см. таблицу 3.2.22)	высокое (см. таблицу 3.2.22)
Характеристика взаимодействия подсистем		Конфликтное взаимодействие	Взаимосоот-ветствующее взаимодействие подсистем	Взаимосоот-ветствующее и взаимодопол-няющее взаимодействие
Коэффициент комплементарности подсистем ($П^{к}$)		0,03	0,4	0,8

Продолжение таблицы 5.1.3

Показатели функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, раз (по отношению к I этапу)	Приведенная длительность	1,0	0,5	0,4
	Себестоимость производства (дефлированная)	1,0	0,6	0,5
	Годовая эксплуатационная производительность оборудования	1,0	1,4	1,6
	Совокупная стоимость владения оборудованием	1,0	0,85	0,7
	Рациональный срок службы оборудования	1,0	1,1	1,3
	Коэффициент сохранения эффективности оборудования	1,0	1,8	2,3

Следует отметить, что отдельные элементы методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования разрабатывались и опробовались с 2006 г. на различных горнодобывающих отечественных предприятиях, осуществляющих разработку полезного ископаемого открытым способом добычи, а также на ремонтно-механических заводах и обогатительных фабриках. С использованием разработанных комплементарного подхода, критерия комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования, показателей приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, закономерностей функционирования системы и риск-ориентированного подхода к снижению риска сбоя производственного цикла было решено 32 масштабных задачи на предприятиях данного типа. В таблице 5.1.4 представлены: краткое описание решаемых задач, ключевые решения, достигнутый результат, период реализации. Расчетным путем определено, что применение разработанных методологических основ и методического инструментария на таких предприятиях как ООО «СУЭК-Хакасия», АО «Разрез Тугнуйский», ПАО «Ураласбест» в период с 2011 по 2022 гг. позволило получить экономический эффект в размере 485 млн руб., что подтверждается актами внедрения (Приложение Д).

Таблица 5.1.4. Задачи, решенные с использованием методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, и достигнутые результаты их применения

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
1	Проектирование и освоение системы непрерывных улучшений системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования	Проектирование и освоение новой структуры: устранение дублирующих, корректировка дефектных и формирование отсутствующих связей для освоения системы, в которой функция непрерывного улучшения это неотъемлемая существенная составляющая деятельности всего персонала. Освоение механизма вовлечения работников в процесс улучшений на основе его обучения и мотивации, детального учета и контроля	Организована реализация более 500 мероприятий с общим экономическим эффектом более 4,5 млрд руб.	2008-2018 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения. Обогатительные фабрики. Ремонтно-механические заводы
2	Повышение эффективности взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования	Проработка целесообразного функционала служб подсистем. Разработка регламента необходимого взаимодействия между службами, учитывающего ответственность и полномочия между ними. Формирование баланса экономических интересов	Повышение уровня работоспособности оборудования (Ктг) в среднем в 1,2 раза, сокращение удельных затрат на обеспечение работоспособности оборудования в среднем в 1,15 раза	2007-2018 гг.	
3	Определение рационального жизненного цикла и экономически выгодного режима работы оборудования	Оценка фактической и возможной расчетной прибыльности оборудования с учетом самоокупаемости, изменения цен на рынке и динамики изменения затрат на обеспечение работоспособности оборудования	Посредством определения рационального жизненного цикла и экономически выгодного режима работы оборудования сэкономлено более 800 млн руб.	2010-2018 гг.	

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
4	Разработка технологических и организационных регламентов (стандартов) на техническое, ежесменное, сезонное обслуживание и ремонт оборудования	Разработка технологических и организационных регламентов осуществляется для употребления в реальной деятельности и включает структуру выполняемых задач с фото-визуализацией и указанием необходимого комплекта инструментов, продолжительности выполнения операций, количества и квалификации исполнителей, а также картирование рисков травмирования персонала		2007-2018 гг.	
5	Повышение квалификации работников отдела главного механика в части планирования, организации и контроля ремонтов	Подбор и адаптация ключевых показателей, характеризующих уровень квалификации слесарей, разработка качественной характеристики всех показателей по трем уровням: неудовлетворительно, удовлетворительно, отлично. Проведение комиссионной оценки реальной квалификации каждого работника и организация обучения по слабым показателям. Организация периодической мотивирующей аттестации	Повышение уровня работоспособности оборудования (Кг) в среднем на 5-15%	2008-2018 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения
6	Улучшение организации работы и повышение уровня работоспособности отечественных экскаваторов (28 ед.) ЭКГ и ЭШ со сроком эксплуатации более 18 лет	Формирование и организация работы экскаваторно-автомобильных комплексных бригад с увязкой оплаты труда работников с общим результатом комплекса	Удельная производительность. экскаваторов повысилась в 1,4 раза (со 162 до 226 тыс. $м^3/м^3$) и количество экскаваторов сократилось с 28 до 8 без уменьшения общего объема погрузки	2010-2013 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
7	Повышение времени производительной работы новых электрогидравлических экскаваторов (2 ед., Hitachi) с вместимостью ковша 14 м^3	Персонализация ответственности инженерно-технических работников за устранение потерь рабочего времени экскаваторов и организация их деятельности	Повышение времени производительной работы экскаватора в смену в 2,0 раза (с 38% до 74%)	2011 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
8	Сокращение количества отказов электрогидравлических экскаваторов (3 ед.) Komatsu PC с вместимостью ковша 15 м^3	Организован контроль со стороны слесарей за рабочей средой и режимами работы оборудования. Обучение машинистов рациональным приемам экскавации горной массы, снижающим нагрузки на узлы и детали оборудования	Сокращение количества отказов экскаваторов в 2 раза (с 4 до 2 отказов в мес.)	2010 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
9	Повышение производительности и сокращение количества отказов электрогидравлических экскаваторов (4 ед., Komatsu PC) с вместимостью ковша 22 м^3	Проектирование рациональной среды работы экскаваторов: ширина рабочей площадки, высота забоя, двустороння схема погрузки, режим работы автосамосвалов и вспомогательной техники, качество подготовки горной массы и тп. Формирование заинтересованности у машинистов и инженерно-технических работников всех уровней управления от горного мастера до директора в достижении целевых показателей	Повышение производительности в 1,5 раза (с 654 до 1012 тыс. м^3/мес.) и сокращение количества отказов в 5 раз (с 5 до 1 отказа в мес/экскаватор)	2014-2015 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
10	Организация выполнения полноценного и качественного технического обслуживания автосамосвалов БелАЗ-7513 и 75306 (38 ед.)	Проработка логистики, технологического и организационного регламента выполнения всех видов ТО. Налажен контроль выполнения каждой операции всех видов ТО. Организована оплата слесарей за объем и качество выполнения операций ТО	Повышение производительности автосамосвалов в 1,2 раза (с 2588 до 3153 ткм/т г/п 1 автосам.), сокращение количества отказов в 4 раз (с 18 до 5 отк/мес/автосам.) и снижение общего времени простоя в ремонте в 1,6 раза (со 179 до 110 ч/мес/автосам.)	2014-2016 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения
11	Повышение качества ремонта автосамосвалов БелАЗ-7513 и 75306	Налажен детальный учет работ по ремонту деталей и узлов каждой машины с указанием ответственного (-ых) за произведенные работы. Обеспечена тесная увязка величины заработной платы слесарей с уровнем работоспособности автосамосвалов		2016-2017 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения
12	Сокращение финансовых потерь при ремонтах автосамосвалов-БелАЗ 7513 и 75306	Выделение ремонтного процесса в отдельную структуру и наделение полномочиями условно-самостоятельно хозяйствующей организации с гибким бюджетом. Организация усиленного контроля за рабочей средой и режимами эксплуатации оборудования. Налажено скрупулёзное и детальное расследование и устранение причин отказов оборудования	Сокращение удельных затрат на ремонт в 1,5 раза (с 2,6 до 1,7 руб/ткм)	2017-2018 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
13	Формирование бережного отношения водителей к оборудованию при его эксплуатации (автосамосвалы БелАЗ-7513 и 75306)	Повышение интереса водителей транспортировать горную массу и понижение их интереса в простое из-за ремонта машины	На 30% увеличилась доля водителей, выполняющих требуемый объем производства	2016 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
14	Организация своевременной постановки автосамосвалов БелАЗ-7513 и 75306 на ТО и плановый ремонт	Исключение оплаты водителям за перевезенную горную массу автосамосвалами не прошедшими ТО и плановый ремонт			
15	Обеспечение полноценного выполнения водителями ежесменного обслуживания автосамосвалов БелАЗ-7513 и 75306	Организация контроля качества проведения водителями ежесменного обслуживания и закрепление ответственности водителей за повреждение машины			
16	Оценка и организация контроля технического состояния деталей и узлов отечественных экскаваторов (20 ед.) ЭКГ со сроком эксплуатации более 15 лет	Произведена группировка технического состояния деталей и узлов экскаваторов посредством визуальной и инструментальной оценки их состояния: отказы, находящиеся в процессе зарождения, развития и реализации. Посредством расчета риска отказов (вероятность и тяжесть) основных деталей и узлов определены и освоены целесообразные виды контроля: непрерывный, частый, редкий	Сокращение простоя экскаваторов в ремонте в 2,8 раза (с 906 до 324 ч/млн. т), сокращение удельных затрат на ремонт в 2 раза (с 3,2 до 1,6 руб/т)	2016 г.	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
17	Повышение производительности отечественных экскаваторов (15 ед.) ЭКГ со сроком эксплуатации более 18 лет	Проектирование и организация усреднительного склада для снятия ограничения по производительности экскаваторов. Экономическое обоснование целесообразности и организация повышения качества подготовки горной массы к выемке. Посредством изменения системы оплаты труда обеспечение заинтересованности инженерно-технических работников в улучшении условий работы экскаваторов	Повышение времени производительной работы экскаваторов в 1,2 раза (со 190 до 232 маш-ч/мес), снижение себестоимости производства в 1,2 раза, сокращение количества экскаваторов в 1,6 раза (с 44 до 27 ед.)	2016-2018 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения
18	Оценка и повышение эффективности системы оплаты труда машинистов экскаваторов и ремонтного персонала	Установлено, что системы оплаты труда не мотивирует машинистов на достижение плановых объемов экскавации и слесарей на снижение количества отказов этих машин. Разработана и освоена система оплаты труда, при которой за меньшие расценки работникам выгодно повышать свою результативность		2016 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
19	Аудит процессов технического обслуживания и ремонта отечественных экскаваторов	Зафиксированы и охарактеризованы процессы и рабочие места, находящиеся в неудовлетворительном и отличном состоянии. Определение сочетания факторов и условий, снижающих качество работы и зарождающих отказы оборудования		2016 г.	Открытая разработка месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
20	Оценка и повышение уровня квалификации работников энерго-механической службы	Определение сильных сторон высококвалифицированных работников и организация стажировок менее квалифицированных работников у высококвалифицированных работников с последующей сдачей экзамена посредством аттестации	Организована реализация более 50 мероприятий с общим эффектом более 250 млн руб.	2016-2017 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
21	Обеспечение баланса нагрузки машинистов экскаваторов ЭШ 20/90 и ЭШ 10/70	Нормирование нагрузки машинистов посредством уравновешивания их планов работ с учетом количества выполняемых циклов погрузки в конкретных условиях эксплуатации	Повышение производительности ЭШ-10/70 на 13% (с 16 до 18 тыс. $м^3/м^3$/мес.)	2018 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
22	Анализ и развитие организационной структуры предприятия в отношении инженерно-технических работников	Установлено, что только у 15% работников возможно измерить результат работы и всего лишь 5% работников заинтересованы в повышении эффективности предприятия. По каждой должности: определен перечень показателей результатов работы и конкретизированы полномочия и ответственность, а также величина заработной платы увязана со значениями ключевых показателей. Разработаны методы улучшения результатов работы каждой должности	Организована реализация около 30 мероприятий с общим эффектом более 300 млн руб.	2017-2018 гг.	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
23	Развитие функционала инженерно-технических работников, занятых эксплуатацией и ремонтом экскаваторов	Определено, что только 30% всех функций на предприятии персонифицированы, за реализацию остальных отвечают одновременно от 2 до 4 работников. Произведена оптимизация организационной структуры, переработаны должностные инструкции с конкретизацией зоны ответственности, полномочий и ответственности каждого работника, отдела	Устранено 5% должностей, переориентированы на выполнение другой работы 30% работников, сокращено в 3 раза количество управляющих связей и в 2 раза уменьшено информационных потоков	2016-2018 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
24	Повышение качества и оперативности ремонта оборудования углеобогатительной фабрики	Осуществление планирования периодичности ремонтов на основе информации о фактической наработке между отказами деталей и узлов оборудования. Организация детального учета выполненных ремонтов. Повышение статуса бригадира. Обеспечение тесной увязки величины заработной платы слесарей с уровнем работоспособности оборудования	Сокращение количества отказов оборудования в 1,7 раза (с 442 до 267 отказов в год), сокращение затрат на обеспечение работоспособности оборудования в 1,7 раза	2013-2015 гг.	Обогатительная фабрика
25	Повышение качества контроля технического состояния оборудования главного корпуса оборудования углеобогатительной фабрики	В процесс контроля за техническим состоянием оборудования помимо механика корпуса дополнительно привлекли операционный персонал. Обучение персонала методам контроля за техническим состоянием			Обогатительная фабрика

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
26	Повышение производительности и качества работы операторов технологической службы углеобогатительной фабрики	Разработка и освоение стандартов работы всех операторов технологической службы. Вменение повышенной ответственности за качественное проведение операций по ежесменному обслуживанию оборудования. Увязка величины заработной платы с результатом работы смены	Повышение объемов переработки угля в 1,1 раза (с 6,4 до 7,2 млн т/год)	2014-2016 гг.	Обогатительная фабрика
27	Повышение добавленной ценности (стоимости) работников, участков и цехов	Налажены оценка и учет реальной добавленной ценности (стоимости) работников, участков и цехов. Выработка и освоение решений по повышению добавленной ценности посредством повышения результатов и снижения затрат	Увеличение валовой выручки завода в 5,4 раза (со 190 до 1020 млн руб/год)	2013-2018 гг.	Ремонтно-механический завод
28	Оценка и повышение конкурентоспособности товаров и услуг участков и цехов	Произведено сравнение цены и качества выпускаемых товаров и оказываемых услуг с конкурентами в регионе. Ранжирование товаров и услуг в зависимости от их жизнеспособности. Формирование финансового интереса работников в повышении добавленной ценности и снижение себестоимости товаров и услуг	Увеличение выручки завода, приходящейся на 1 работника в 3,2 раза (с 74 до 237 тыс. руб/мес/чел.)		Ремонтно-механический завод
29	Аудит организации и логистики процессов в производственных цехах	Определена структура рабочего времени работников и причины потерь времени. Выявлены неэффективные связи в организации производства и разработаны решения по устранению причин потерь времени		2015-2016 гг.	Ремонтно-механический завод

Продолжение таблицы 5.1.4

№	Задача	Ключевые решения	Результат	Период реализации	Область реализации
30	Повышение объема и качества капитального ремонта двигателей внутреннего сгорания КТА-19, КТА-38, КТА-50, QSK-60	Разработаны регламенты на ремонт всех двигателей и налажен персональный учет выполнения всех операций. Увязка величины заработной платы слесарей с объемом и качеством капитального ремонта двигателей. Организован технический сервис по обеспечению работоспособности двигателей после ремонта	Уменьшена доля ошибок при ремонте двигателей с 30% в до 18%	2015-2016гг.	Ремонтно-механический завод
31	Повышение квалификации инженерно-технических работников в части развития и организации производственного процесса	Проведение мотивирующих семинаров-практикумов по освоению методов оценки и исследования системы: анализ/синтез, структурно-функциональный и вероятностно-статистический методы и тп. Разбор методов организации деятельности рабочих групп по планированию и реализации улучшений производства	Организована реализация около 40 мероприятий с общим эффектом более 300 млн руб.		Ремонтно-механический завод
32	Освоение аутсорсинга по обеспечению работоспособности горного оборудования: отечественных и зарубежных экскаваторов и автосамосвалов БелАЗ	Проектирование и освоение эффективной организационной структуры: модели необходимых управленческих, организационных и технологических процессов, функционал, должности, должностные инструкции, положения об отделах, система оплаты труда и механизм контроля	Сокращено время освоения аутсорсинга в 2 раза (с 3 до 1,5 лет). Увеличена работоспособность оборудования в среднем в 1,3 раза (Ктг: с 0,70 до 0,88)	2015-2017 гг.	Ремонтно-механический завод

Продолжение таблицы 5.1.4

33	Развитие системы мониторинга процесса эксплуатации горно-транспортного оборудования предприятия	Проведение моделирующих семинаров, направленных на развитие в функционале персонала горнодобывающего предприятия функций наблюдения, анализа, оценки и прогнозирования состояния среды и объектов управления. Совершенствование должностных обязанностей персонала и сопровождение их освоения	Повышение результативности управленческих решений, направленных на развитие организации процесса эксплуатации оборудования с 55 до 86%	2019 г.	Предприятия открытой разработки месторождения
34	Повышение своевременности выполнения плановых ремонтов гидравлических экскаваторов	Обоснование и сопровождение освоения системы контроля своевременности выполнения плановых ремонтов экскаваторов. Корректировка положения об оплате труда персонала, занимающегося организацией процессов эксплуатации и ремонта гидравлических экскаваторов	Своевременность выполнения плановых ремонтов гидравлических экскаваторов повысилась в 3 раза – с 25% до 76%. Количество внезапных отказов этих машин сократилось в 1,3 раза, а производительность повысилась в 1,15 раза	2019	Предприятия открытой разработки месторождения
35	Совершенствование системы контроля неисправностей автосамосвалов БелАЗ, находящихся на стадии старения	Реализация комплекса мероприятий, обеспечивших заинтересованность водителей в формировании и своевременном предоставлении персоналу ремонтной службы чек-листов о выявленных неисправностях автосамосвалов	Сокращение количества отказов БелАЗ-75313 в 1,27 раза, БелАЗ-7513 в 1,05 раза	2019	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

36	Повышение производительности экскаваторов ЭШ-10/70 и 20/90	Разработка показателей, позволяющих сопоставлять результаты работы между машинистами экскаваторов ЭШ-10/70 и 20/90. Обоснование изменений в системах оплаты труда машинистов ЭШ, в т.ч. снимающих ограничения с максимального уровня их заработной платы при условии существенного снижения себестоимости переэкскавации	Снижение дисбаланса в оплате труда машинистов на 20%, и повышение производительности ЭШ-10/70 на 6%, ЭШ-20/90 на 5%	2019	Предприятия открытой разработки месторождения
37	Повышение добавленной ценности (стоимости) работников, занимающихся эксплуатацией и ремонтом экскаваторов	Сопровождена реализация персоналом предприятия личных обязательств в части повышения вклада их подразделений в достигнутый уровень производительного времени работы экскаваторов	Вклад каждого подразделения в достигнутый уровень производительного времени работы экскаваторов повысился на 20-35%	2019	Предприятия открытой разработки месторождения
38	Снижение продолжительности простоев экскаваторов, обусловленных неудовлетворительной организацией приемо-передачи смены между машинистами	Проведение хронометражных наблюдений за приемо-передачей смены между машинистами. Разработка и сопровождение освоения стандарта приемо-передачи смены	Повышение уровня организации приемо-передачи смены между машинистами экскаваторов позволило снизить простои комплекса в целом на 18%	2020	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

39	Снижение количества отказов рабочего оборудования экскаваторов	Обоснование рационального уровня удельного содержания взрывчатого вещества при заряжании блоков горной массы	Сокращение доли выхода негабарита с 8% до 4%, с сопутствующим сокращением поломок рабочего оборудования экскаваторов в 1,2 раза	2020	Предприятия открытой разработки месторождения
40	Повышение расчетной прибыли, «приносимой» горно-транспортным оборудованием предприятия	Обоснование рациональной производительности, сроков эксплуатации, качества выполнения плановых ремонтов и качества условий эксплуатации оборудования	В зависимости от вида горно-транспортного оборудования расчетная прибыль среднесписочной единицы была повышения от 3% до 45%	2019-2021	Предприятия открытой разработки месторождения
41	Повышение надежности работы карьерного транспорта на основе изменения организации проведения ТО	Проведение факторного анализа с целью выявления возможностей повышения надежности работы карьерного транспорта на основе совершенствования организации проведения ТО. В результате были обоснованы необходимые изменения в графике постановки автосамосвалов на ТО	Сокращение доли некачественных ТО с 42% до 8%, что обусловило сокращение внезапных отказов автосамосвалов в 1,8 раза	2020-2021	Предприятия открытой разработки месторождения

Продолжение таблицы 5.1.4

42	Развитие системы эксплуатации технологического комплекса оборудования	Реализован комплекс мероприятий по улучшению параметров системы эксплуатации технологического комплекса оборудования, обеспечивший адаптацию предприятия к требованиям к эффективности производства	Повышение рационального срока эксплуатации оборудования на 30%, снижение себестоимости производства на 25%, повышение производительности комплекса технологического горного оборудования на 15%	2018-2022	Предприятия открытой разработки месторождения
43	Развитие организации расстановки автосамосвалов под экскаваторы	Обоснование необходимого количества автосамосвалов в зависимости от требуемой производительности экскаваторов и «плеча» транспортирования горной массы	Повышение производительности экскаваторно-автомобильных комплексов на 7-11%	2022	Предприятия открытой разработки месторождения
44	Совершенствование системы оплаты труда работников, занятых организацией и проведением буровых работ	Обоснование и сопровождение освоения показателей сдельной системы оплаты труда, обеспечивающих повышение производительности оборудования и уровня заработной платы персонала с сопутствующим снижением себестоимости производственных процессов	Повышение производительности оборудования на 14%	2022	Предприятия, осуществляющие услуги по бурению и взрыванию
45	Совершенствование системы оплаты труда работников, занятых организацией и проведением взрывных работ		Повышение объемов взрывания на 60%	2022	Предприятия, осуществляющие услуги по бурению и взрыванию

5.2. Результаты применения методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на предприятиях подземной разработки месторождений

В 2006г. в ООО «Шахта Чертинская-Коксовая» возникла необходимость увеличить объем добычи угля в среднем в 1,6 раза с 75 до 110-130 тыс. т/мес. Была произведена оценка приведенной длительности производственного цикла шахты, включающего в себя следующие основные этапы: дегазация, подготовительные и очистные работы, транспортные работы рельсовым транспортом от лавы до разгрузочной ямы и скипом от разгрузочной ямы на поверхность, вентиляция, водоотлив и поверхностные работы. В результате было установлено, что основным сдерживающим технологическим этапом в производственном цикле являлся рельсовый транспорт. Следующим «узким звеном» в производственном цикле являлись подготовительные работы.

Оценка деятельности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания рельсового транспорта показала, что их взаимодействие характеризуется как конфликтное. В результате этого система эксплуатации не обеспечивает необходимого повышения производительности работы этих машин. Установлено, что качество реализации функций этих подсистем не соответствует цели предприятия: функционирование подсистемы организации работы оборудования сводится к поддержанию существующего низкого уровня производительности рельсового транспорта, а подсистемы ремонтного обслуживания – к устранению внезапных отказов оборудования. Это связано с неудовлетворительной заинтересованностью персонала подсистем в повышении результатов своей работы и с недостаточной конкретизацией его ответственности. На основе хронометражных наблюдений установлено, что на 1 час движения дизелевоза приходится 1,8-2,0 часов других операций без учета ожидания запуска лавы. Соотношение максимального времени рейса к минимальному составляет 3,3-4,7 раза, а среднее время рейса 1,8-2,1 часа (таблица 5.2.1) [228, 289, 290].

Таблица 5.2.1. Продолжительность основных операций при транспортировке угля рельсовым транспортом 03.11.2006г. (2-я смена)

Операции / Рейсы		Ожидание запуска лавы	Долив воды, загрузка песка	Движение от диспетчерской до разминовки на гл. квершлаге	Простой на размин. гл. квершлага, пропускает груж. ПС	Дв. от разминовки на гл. квершлаге до верхн. разминовки	Движение от диспетчерской до верхней разминовки	Простой на верх.разм, пропускает груженый ПС	Простой на верх.разм пропуск пассажирский состав	Остановка - запрос по тел.у диспетчера на движение	Ожидание на верх.разм.проезда груженого ПС	Движение от верхней разминовки до люка 15/5	Движение от верхней разминовки до люка 13/3	Маневрирование на люках	Ожидание загрузки	Прицепка ПС, начало движения	Буксование диз-за на люке, при трогании с груженым ПС	Отцепка ПС, движение за буксиром и обратно	Движение на буксире	Движение от люка 15/5 до разгрузочной ямы	Движение от люка 13/3 до разгрузочной ямы	Ожидание разгрузки предыдущей партии	Разгрузка угля	Ожидание сигнала на движение	Движение от разгрузочной ямы до диспетчерской	Итого: Время рейса — С учетом ожидания запуска лавы	Итого: Время рейса — Без учета ожидания запуска лавы	Итого: Время простоя — Время простоев (с учетом ожидания запуска лавы)	Итого: Время простоя — Время простоев (без учета ожидания запуска лавы)	Итого: Время — Тдв
																									Время рейса		Время простоя		Время
																									$Тр^1$	$Тр^2$	$Тпр^1$	$Тпр^2$	Тдв
Диз. №7 отпр.перв	**1 рейс, мин**	30					15		4			4			56	1	14	6	5		17		56		5	213	183	172	142	41
	2 рейс, мин		1				10			3	20	5		24		1	4			20		14	17		6	125	125	84	84	41
Диз. №5 отпр.втор	**1 рейс, мин**	68					9			1		10		15		1	5			15			4		6	134	66	94	26	40
	2 рейс, мин			3	12	6		60					2	10		1	17				21		41		5	178	178	141	141	37
	3 рейс, мин		1				10					6		14		1				13		Нет хроном.				55 *	55 *	20	20	35
Диз. №3 отпр.трет	**1 рейс, мин**	71					9			1		9		23	75	1				23			16	19	4	251	180	206	135	45
	2 рейс, мин						6					19		18		1	4				17	17	Нет хроном.			92 *	92 *	44	44	48
Итого		169	2	3	12	6	59	60	4	5	20	53	2	104	131	7	44	6	5	71	55	31	134	19	26	1048	879	761	592	287
Итого (по люку 15/5)		169	2				59		4	5	20	53		94	131	6	27	6	5	71	34	31	93	19	21	870	701	620	451	250
Среднее		24,1	0,3	3	1,71	6	9,83	8,6	0,6	0,7	2,86	8,8	2	15	19	1	6,3	0,9	0,7	17,8	18,3	4,43	19,1	2,7	5,2	150	126	109	85	41
Среднее (по люку 15/5)		28,2	0,3				9,83		0,7	0,8	3,33	8,8		16	22	1	4,5	1	0,8	17,8	17	5,17	15,5	3,2	5,3	145	117	103	75	42
MIN		0	0	3	0	6	6	0	0	0	0	4	2	10	0	1	0	0	0	13	17	0	4	0	4	55	55	20	20	35
MAX		71	1	3	12	6	15	60	4	3	20	19	2	24	75	1	17	6	5	23	21	17	56	19	6	251	183	206	142	48

Для рейсов: – с учетом ожидания запуска лавы: $Тр^1.max$ / $Т\ р^1.min$ = 4,6; $Тпр^1$ / Тдв = 2,7;

– без учета ожидания запуска лавы: $Тр^2.max$ / $Т\ р^2.min$ = 3,3; $Тпр^2$ / Тдв = 2

* Расчетное время полного рейса. Дополнено по операции разгрузка угля – 4 мин., движение от разгрузочной ямы до диспетчерской – 6 мин. (см. дизелевоз. №5, рейс 1, учтены фактические условия: уголь сухой, ожидание загрузки предыдущей партии отсутствует).

Проведенная оценка результатов функционирования подсистемы ремонтного обслуживания рельсового транспорта показала, что частота внезапных отказов в среднем в 12 раз меньше, чем частота проведения ТО. Вместе с тем, продолжительность устранения одного внезапного отказа в 20 раз больше, чем время проведения одного ТО. В результате, при относительно низкой частоте внезапных отказов доля затрат времени на их устранение в общей структуре времени при ремонте рельсовых дизелевозов составляла около 2/3, а при увеличении нагрузки на дизелевозы эта доля увеличивалась до 3/4. Такая тенденция обусловливает высокую вероятность снижения достигнутого уровня объема перевозок. Таким образом была обоснована реализации улучшений, направленных на повышение качества выполнения функций подсистемой организации работы рельсового транспорта с целью обеспечения рациональных среды работы и режимов, а также функций подсистемой ремонтного обслуживания с целью обеспечения необходимого уровня работоспособности этих машин для достижения целевой производительности – 5940 т/сут.

В качестве первоочередного решения, позволяющего обеспечить заинтересованность работников в достижении требуемого уровня качества реализации функций подсистем, был освоен организационно-экономический механизм формирования рыночных отношений между подсистемами. В результате подсистема организации работы рельсового транспорта начала оказывать оплачиваемую услугу по обеспечению целевой производительности этих машин, а подсистема ремонтного обслуживания – по повышению качества процессов обеспечения его работоспособности.

Освоение организационно-экономического механизма позволило выявить возможности повышения производительности рельсового транспорта: был разработан стандарт движения этих машин, позволивший определить возможность достижения целевых объемов добычи угля на шахте. В стандарте движения упорядочили движение дизелевозов между пунктами по их пути следования (таблица 5.2.2, рисунок 5.2.1).

Таблица 5.2.2. Стандарт движения дизелевозов

Локомотив	начало 1 ходки		начало 2 ходки		начало 3 ходки		начало 4 ходки		начало 5 ходки		начало 6 ходки		конец 6 ходки
№ 1	13:45	1:00	14:45	1:05	15:50	1:00	16:50	1:05	17:55	1:00	18:55	1:05	20:00
№ 2	13:50	1:00	14:50	1:05	15:55	1:00	16:55	1:05	18:00	1:00	19:00	1:05	20:05
№ 3	13:55	1:00	14:55	1:05	16:00	1:00	17:00	1:05	18:05	1:00	19:05	1:05	20:10
№ 4	14:05	1:05	15:10	1:00	16:10	1:05	17:15	1:00	18:15	1:05	19:20		
№ 5	14:15	1:05	15:20	1:00	16:20	1:05	17:25	1:00	18:25	1:05	19:30		
№ 6	14:25	1:05	15:30	1:00	16:30	1:05	17:35	1:00	18:35	1:05	19:40		

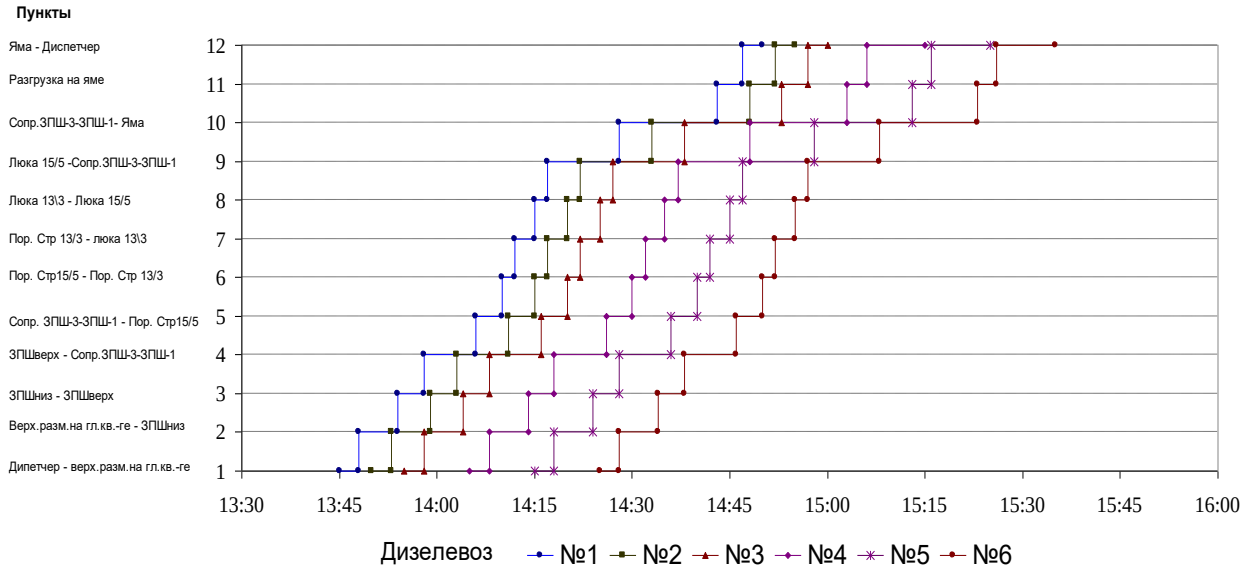


Рисунок 5.2.1 – Контактный график движения дизелевозов

После определения возможностей повышения производительности рельсового транспорта разработали и реализовали следующие решения: персонально закреплены машинисты за дизелевозами; изменен маршрут движения пассажирского состава; установлены 3 автоматизированных стрелочных перевода (ЗПШ-3 -1 шт., блочный квершлаг №3 – 2 шт.); изменен график доставки материалов и оборудования по блочному квершлагу №3; обеспечено наличие громкоговорящей системы связи для мест запроса по пути следования локомотива, погрузки, разгрузки; выполнен качественный ремонт 10% рельсового пути (взятие поддира почвы, замена шпал, рихтовка рельс, балластировка, маркшейдерская съемка).

Также в результате работы были выявлены основные причины низкой эффективности подсистемы ремонтного обслуживания рельсовых дизелевозов:

– нарушается последовательность постановки рельсовых дизелевозов на ТО;

– нарушается последовательность проведения операций ТО;

– не согласовано взаимодействие ремонтного персонала при непосредственном выполнении операций ТО;

– не определен объем расхода материально-технических ресурсов на операции ТО;

– не учитывается и не контролируется качество проведения ТО.

Анализ этих причин показал, что в их основе находятся неудовлетворительные технологический и организационный регламенты процессов ремонта.

Под технологическим регламентом процессов ремонта понимается свод правил, устанавливающий последовательность действий персонала ремонтной службы по выполнению технологических операций, с применением требуемой оснастки и инструментов в заданных параметрах продолжительности, трудоемкости и качества ремонтных процессов. Под организационным регламентом понимается свод правил, устанавливающий последовательность действий руководителей и операционного персонала ремонтной службы по планированию, подготовке производства, контролю результатов ремонтных работ, контролю режимов и условий эксплуатации, обеспечивающих исполнение технологического регламента в заданных параметрах, достижение эффективности работы оборудования и труда ремонтного персонала.

Для формирования технологического регламента были разработаны технологические карты на проведение ТО, которые содержат описание последовательности операций, технических требований, критериев предельного состояния узлов, агрегатов, деталей, необходимых материально-технических ресурсов, необходимой оснастки, трудозатрат [229].

Для формирования организационного регламента были разработаны:

– график постановки на ТО и ремонт рельсового транспорта;

– сетевой график проведения технологических операций ТО;

– журнал ежесуточного учета проведения ТО, позволяющего контролировать время выполнения ТО, виды выполненных ТО и ответственных за их качество;

– организационный регламент при ТО рельсового транспорта (таблица 5.2.3).

Таблица 5.2.3. Организационный регламент при ТО дизелевозов

Операция	**Ответственный**	**Стандартные условия**	**Действия при отклонении**
Планирование ТО	Главный механик шахты, механик рельсового транспорта	Расчет годового количества ТО, трудоемкости обслуживания и численности ремонтных рабочих исходя из пробега локомотива с учетом целевых показателей в эксплуатации	Корректировка программы ТО и трудоемкости обслуживания в связи с изменением количества локомотивов, условиями эксплуатации и пробегом
	Главный механик шахты, механик рельсового транспорта	Расчет годовой и месячной потребности в расходных материалах с учетом планируемых ТО, сроках поставки и номенклатуры (фильтра, ГСМ и т.д.)	Корректировка заявки и составление согласованных с ОМТС графиков поставки расходных материалов с учетом планируемых ТО и остатков запасов на складе (ежемесячно)
	Механик рельсового транспорта	Составление графиков ТО по каждой единице на календарный месяц	Корректировка времени постановки локомотива на ТО (ежедневно)
	Главный механик шахты	Своевременное планирование замены локомотива при постановке на плановые ТО	
Подготовка проведения ТО	Механик рельсового транспорта	Оснащение рабочих мест технологической документацией, приспособлениями и оборудованием в соответствии с технической документацией	Корректировка в связи с изменением программы ТО и требований к качеству обслуживания
	Главный механик шахты, механик рельсового транспорта	Составление заявок на расходные и смазочные материалы в соответствии с расчетной месячной потребностью, нормативами расходов и графиками ТО	В отсутствие механика РТ его функции выполняет зам. механика РТ
	Механик рельсового транспорта	Корректировка заявок в связи с изменением графиков ТО, остатков расходных материалов на складе	
	Механик рельсового транспорта	Выдача графиков ТО в локомотивное депо	В отсутствие механика РТ его функции выполняет зам. механика РТ
	Механик рельсового транспорта	Согласование времени постановки локомотива на ТО с диспетчером РТ	В отсутствие механика РТ его функции выполняет зам. механика РТ

Продолжение таблицы 5.2.3

Выполнение ТО	Диспетчер рельсового транспорта	Обеспечивает постановку локомотива на ТО согласно графику	При отсутствии локомотива для постановки на ТО механиком фиксируется факт отсутствия локомотива и разбирается на планерке.
	Механик рельсового транспорта	Принимает локомотив на ТО, проводит инструктаж по ТБ, выдает наряд слесарям и, в соответствии с технологическим регламентом, проводится ТО данного локомотива	При отсутствии необходимых расходных материалов и ГСМ согласовывает с главным механиком возможность применения однотипных расходных материалов и ГСМ
	Механик рельсового транспорта	В конце первой смены сообщает диспетчеру номер локомотива, который не прошел ТО	
	Главный механик шахты, механик рельсового транспорта	При выявлении неисправностей, не входящих в технологический регламент, принимает решение о привлечении ремонтных механиков с других организаций	При невозможности устранения неисправностей при выполнении ТО, совместно со старшим механиком принимают решение об объемах работ и выполнении ремонтов
	Электрослесарь рельсового транспорта	Осуществляется контроль за соблюдением технологического регламента	
	Электрослесарь рельсового транспорта	После завершения ТО сообщает время готовности локомотива диспетчеру РТ	При невозможности завершить ТО в регламентируемые сроки информирует диспетчера РТ
	Механик рельсового транспорта	Производит оценку технического состояния локомотива, принимает его из ремонта и проверяет готовность к эксплуатации	При невозможности завершить ТО в установленные сроки информирует ОГМ о причинах неготовности локомотива
	Диспетчер рельсового транспорта	Планирование работы локомотивов на линии, вышедших с ТО	
Контроль	Диспетчер рельсового транспорта	Контроль за своевременным предупреждением машинистов локомотивов о постановке на ТО	
	Электрослесарь рельсового транспорта	Отмечает дату прохождения ТО в соответствии с технологическими картами и обеспечивает ведение журналов	Информирует начальника и механика о выявленных неисправностях и принятых мерах
	Начальник рельсового транспорта	Информирует на оперативных планерках гл. механика об устранении неисправностей, выявленных в процессе ТО	В отсутствие гл. механика его функции выполняет зам. гл. механика
	Механик рельсового транспорта	Оценивает влияние выполняемых операций технологического регламента на ходимость узлов, агрегатов и локомотива (возникновение поломок между ТО). Ежемесячно докладывает по количеству и качеству проведения ТО главному механику	Разрабатывает мероприятия по совершенствованию технологического регламента, а также рабочей среды и режимов эксплуатации и докладывает директору шахты, гл. механику

Освоение разработанных регламентов позволило улучшить показатели работы подсистемы ремонтного обслуживания в части предупреждения поломок рельсовых дизелевозов (таблица 5.2.4).

Таблица 5.2.4. Показатели работы системы ремонта

Регламенты	**Показатели**	**До регламен-тации**	**После регламен-тации**	**Снижение значений показателей, раз**
Организа-ционный	Продолжительность сменных простоев рельсовых дизелевозов в ожидании проведения ТО, час.	8	2	4
	Количество отклонений от «Графика постановки на ТО и ремонт» по виду проведения ТО, шт	6	2	3
Технологи-ческий	Среднее отклонение продолжительности проведения ТО от запланированного, мин	(+40)–(-30)	(+15)–(-20)	2,7 – 1,5

Также в рамках проводимой работы было проведено перераспределение трудозатрат в подсистеме ремонтного обслуживания. В результате на проведение ТО стали уделять в 2,6 раза больше времени. При этом снизились затраты времени на устранение аварийных поломок в 2,7 раза, и снизилось количество аварийных поломок в 1,9 раза.

Обеспечение комплементарного взаимодействия подсистемы организации работы и ремонтного обслуживания оборудования позволило увеличить пропускную способность рельсового транспорта с 2006 по 2009 гг. в 1,67 раза и обеспечить целевой объем добычи по шахте.

Увеличение объемов добычи угля позволило снизить себестоимость производства и достичь экономического эффекта в размере 35 млн руб. (рисунок 5.2.2).

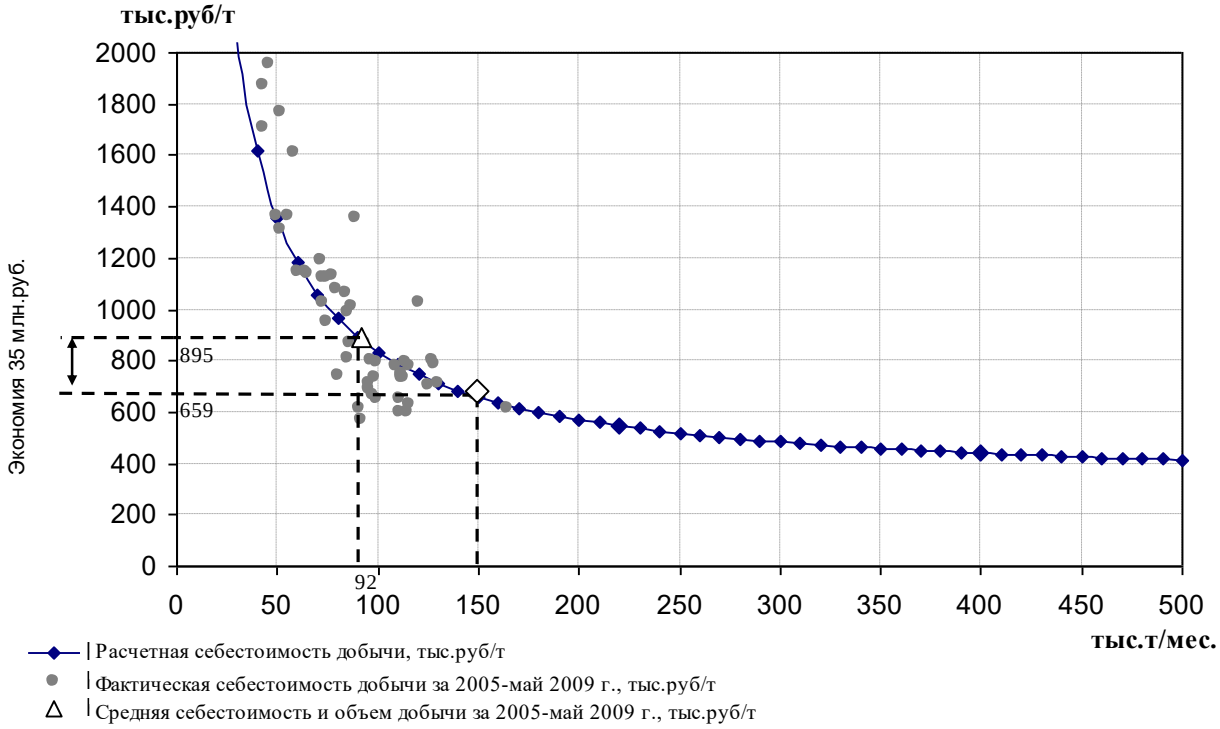


Рисунок 5.2.2 – Зависимость затрат на 1 т угля
от месячного объема добычи угля по шахте

Рост объема добычи угля на шахте обусловил необходимость повышения результативности подготовительных работ, ставшего сдерживающим технологическим этапом в производственном цикле. Для удержания достигнутых результатов по объему добычи угля потребовалось увеличение объемов проходки на участках не опасных по выбросу газа метана в среднем в 1,3 раза с 86 пог. м/мес. до 115 пог. м/мес.

Аналогично проделанной работе по рельсовому транспорту, опираясь на закономерность, которая выражается в том, что организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, была проделана работа по одновременному развитию подсистем организации работы и ремонтного обслуживания проходческого оборудования. Первоочередным решением стало освоение организационно-экономического механизма формирования рыночных отношений между подсистемами, который обеспечил заинтересованность работников в повышении качества реализации функций в своих подсистемах.

В подсистеме организации работы оборудования было определено, что около 50% времени бригад проходчиков затрачивается на выполнение производительной работы по непосредственному проведению горных выработок. Остальное время приходилось на простои и выполнение нефункциональной работы (рисунок 5.2.3).

Рисунок 5.2.3 – Среднемесячная структура времени бригады проходчиков (по хронометражным данным, 28 смен)

Были выявлены отклонения в цепочке: выдача наряд-задания – нормирование трудозатрат – контроль результатов:

– в проходческой смене (проведение горных выработок, крепление кровли) объем работ выполняется на 87%, а фактические трудозатраты на эту работу составляют 62%. Остальные 38% затрат труда приходятся на операции, незапланированные в наряде;

– в ремонтной смене объем работ по креплению бортов выполняется на 46%, а фактические трудозатраты на эту работу составляют 80%. Остальные 20% затрат труда приходятся на операции, незапланированные в наряде; по доставке материала – выполняется на 100%, а трудозатраты составляют 52%.

Остальные 48% затрат труда приходится на операции, незапланированные в наряде.

Кроме этого, сравнение планируемых и фактически выполненных операций монтажа 2ЛТ-80 позволило установить, что отклонение фактических значений трудозатрат от планируемых составляет 1,23 раза. Также при выполнении операций, где требуется взаимодействие со смежными службами (участок рельсового транспорта, смежные бригады) трудозатраты могут отличаться до 4 раз. Если взаимодействия не требуется, то эти значения отличаются не более чем в 2 раза.

Выявлено, что в подсистеме организации работы оборудования:

– применяется некорректная система отчетности о выполненном наряде, которая не дает полной информации о результатах работы на участке (недостаточный уровень ответственности звеньевых при подаче информации о выполнение наряда);

– отсутствует информация о причинах и продолжительности потерь рабочего времени оборудования и работников, что делает невозможным производить в оперативном режиме изменения в наряде;

– присутствует несоответствие нормативов на выполнение работ выдаваемому наряду.

Определение возможностей повышения объемов проведения горных выработок при условии устранения потерь рабочего времени в процессах эксплуатации оборудования и при обеспечении безопасных условий труда позволило выявить резервы увеличения производительности проходческих комбайнов более чем в 3 раза. При фактическом объеме проведения горных выработок, составляющем в среднем 80 пог. м/мес. на бригаду, возможно обеспечить 225-405 пог. м/мес. на один комбайн (рисунок 5.2.4).

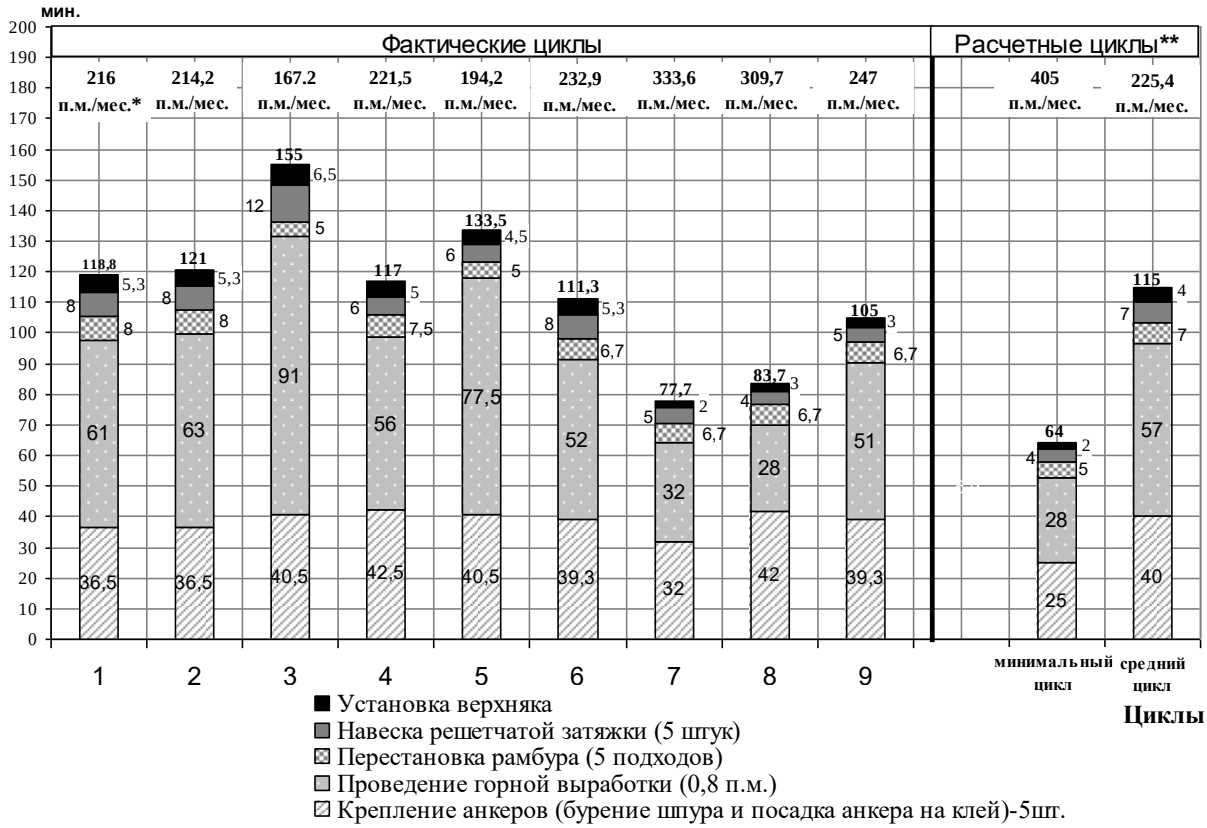


Рисунок 5.2.4 – Структура затрат времени
в 9 циклах проведения выработки

На основе выявленных резервов повышения производительности оборудования реализованы следующие мероприятия:

– подготовлены проекты программ повышения темпов проходческих работ и заключены договора с бригадирами на выполнение работ в условиях не опасных по выбросу метана. Со стороны директора – своевременное обеспечение материально-техническими ресурсами и соответствующая оплата труда, со стороны бригады – формирование качественного очистного фронта в соответствии с графиком проходки.

– разработаны детальные план-графики: подготовки блока лавы, поставки на склад шахты материально-технических ресурсов, проведения перемонтажа ленточных конвейеров;

– составлена рациональная последовательность и продолжительность технологических операций в подготовительные и рабочие смены для всех проходческих участков, включающая в себя распределение работ между

слесарями, машинистами горных выемочных машин (МГВМ) и проходчиками, а также согласование времени выполнения операций;

– разработана и опробована форма учета ежесменных и ежесуточных результатов работы каждого звена и бригады в целом по проходческим участкам [298].

Оценка результатов работы подсистемы ремонтного обслуживания оборудования проходческих участков показала, что значительные количество внезапных отказов оборудования и продолжительность их устранения не позволят достичь требуемого результата повышения объемов проходки в 1,3 раза. Определено, что подсистема ремонтного обслуживания оборудования характеризуется тем, что:

– не соблюдаются графики выполнения планово-предупредительных ремонтов;

– отсутствует учет количества и продолжительности внезапных отказов оборудования;

– устанавливаются некачественные запчасти на оборудование;

– осуществляется несвоевременный и некачественный входной контроль запчастей;

– отсутствуют нормативы на выполнение ремонтных работ.

Кроме этого, анализ структуры рабочего времени слесарей, занятых выполнением работы по обеспечению работоспособности оборудования проходческих участков, показал, что время их производительной работы составляет не более 30% от времени рабочей смены. Остальное время связано с различными простоями и выполнением нефункциональной работы. Для примера на рисунке 5.2.5 представлен результат хронометражных наблюдений за слесарем, занятым обслуживанием конвейерных лент (КЛКТ-800) и скребковых конвейеров. Из рисунка видно, что только 24% рабочего времени слесаря, приходится на выполнение ремонтного обслуживания оборудования.

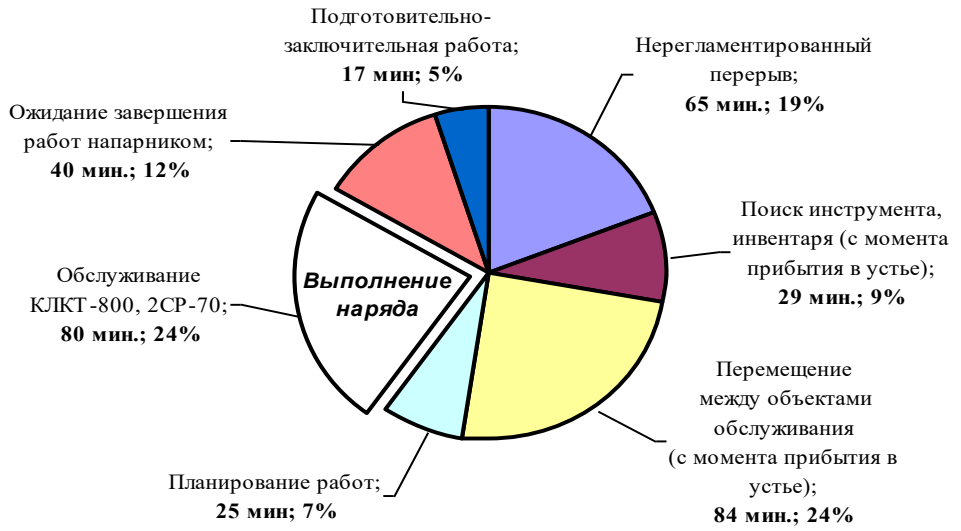


Рисунок 5.2.5 – Структура рабочего времени слесаря 3-го разряда

Оценка взаимодействия подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания показала, что, как правило, преобладает односторонняя ответственность за внезапный отказ оборудования со стороны подсистемы ремонтного обслуживания. Со стороны подсистемы организации работы ответственность не определена. Оборудование после обслуживания или ремонта попадает в неконтролируемую подсистемой ремонтного обслуживания подсистему организации его работы. Посредством анализа статистических данных удалось установить, что более 50% внезапных отказов обусловлены работой оборудования при неудовлетворительных режимах его работы и рабочей среды, которые находятся в зоне ответственности персонала подсистемы организации работы. В данной ситуации, когда ответственность за отказы не определена и их количество возрастает, формируется конфликт между этими подсистемами. Это в свою очередь приводит к невозможности формирования ответственности у персонала службы ремонта за показатели наработки оборудования после проведения ТО и ремонта.

Опираясь на проведенный анализ результатов функционирования системы эксплуатации оборудования проходческих участков произведено:

– разделение ответственности за произошедшие отказы между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания оборудования;

– налажен качественный учет всех простоев оборудования;

– разработаны регламенты на ремонт всего оборудования;

– конкретизирована ответственность руководителей подразделений за качество планирования и организации проведения ремонтных работ;

– разработаны графики постановки на ТО и ремонт всего оборудования с учетом фактических параметров системы их эксплуатации, определен перечень необходимых приспособлений, инструментов и оснастки;

– улучшено качество устанавливаемых запасных частей, обеспечен своевременный и качественный входной контроль запчастей.

В результате применения разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования удалось увеличить среднемесячный объем проходки в 1,35 раза в ООО «Шахта Чертинская-Коксовая» (рисунок 5.2.6).

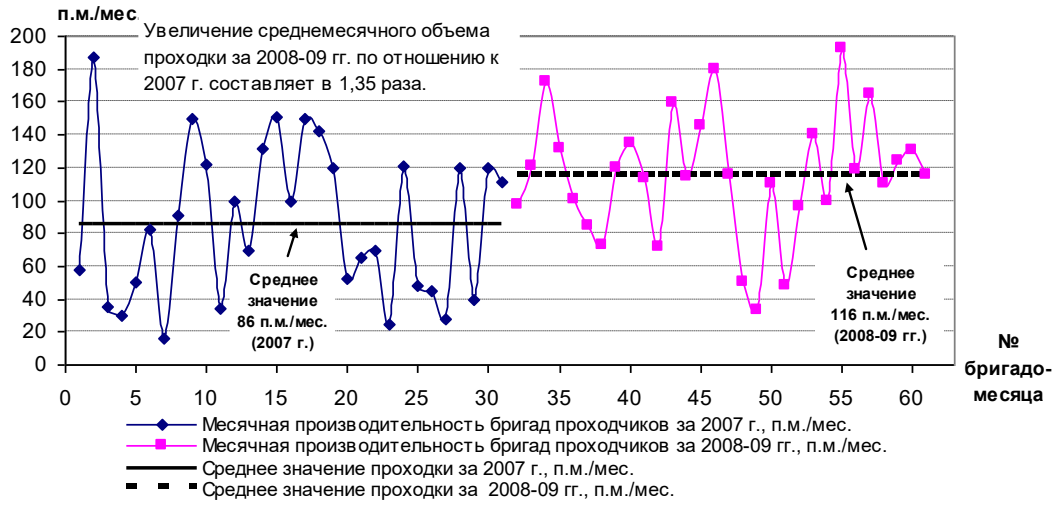


Рисунок 5.2.6 – Фактические объемы проведения выработок бригадами проходчиков в условиях неопасных по внезапному выбросу газа метана за 2007 – апрель 2009 гг. (без учета бригадо-месяцев по проведению выработок по породе и при участии в перемонтажах)

Таким образом, применение разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на примере ООО «Шахта Чертинская-Коксовая», позволившее увеличить пропускную способность рельсового транспорта в 1,67 раза и темпы проходки в 1,35 раза, подтвердило свою актуальность для предприятий, осуществляющих подземную разработку месторождений. Также успешное

применение разработанной методологии было осуществлено на шахте «Северная» АО «Ургалуголь» и «ШУ Восточное» [291-293]. Для полноценного применения разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования в условиях подземной разработки месторождений требуется их уточнение в связи с особенностями этого способа разработки.

5.3. Разработка рекомендаций по эффективному применению методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Обобщение содержания разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и опыта ее реализации на ряде отечественных горнодобывающих предприятий позволило определить, что результативные решения по обеспечению комплементарности взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования разрабатываются и осваиваются только на основе совместного и равнозначного участия персонала этих подсистем в составе рабочих групп. Данный факт обусловил необходимость определения эффективных рекомендаций, позволяющих повысить результативность рабочих групп, занимающихся разработкой и освоением решений, на основе реализации разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Для этого был произведен анализ результатов решений, реализованных на производственных единицах (ПЕ) ООО «СУЭК-Хакасия» с 2009 по 2018 гг. в рамках действующей на этих ПЕ системы непрерывных улучшений, в масштабах которой также осуществлялось и развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ПЕ [294, 295].

Произведенный анализ позволил установить, что период 2009-2011 гг. для всех ПЕ характеризовался значительным ростом экономической эффективности деятельности по реализации решений развития производства, что обусловливается большим объемом существовавших на тот период

внутренних резервов, не требующих значительных затрат времени на их поиск и освоение [295]. Период 2012-2014 гг. характеризуется снижением экономической эффективности деятельности по реализации решений, что было связано с необходимостью поиска и обоснования резервов на основе более глубокого анализа закономерностей функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, и только в период 2015-2018 гг. у некоторых ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» возобновился рост экономической эффективности.

Вклад ПЕ в общий экономический эффект, достигнутый за десятилетний период в ООО «СУЭК-Хакасия» представлен на рисунке 5.3.1.

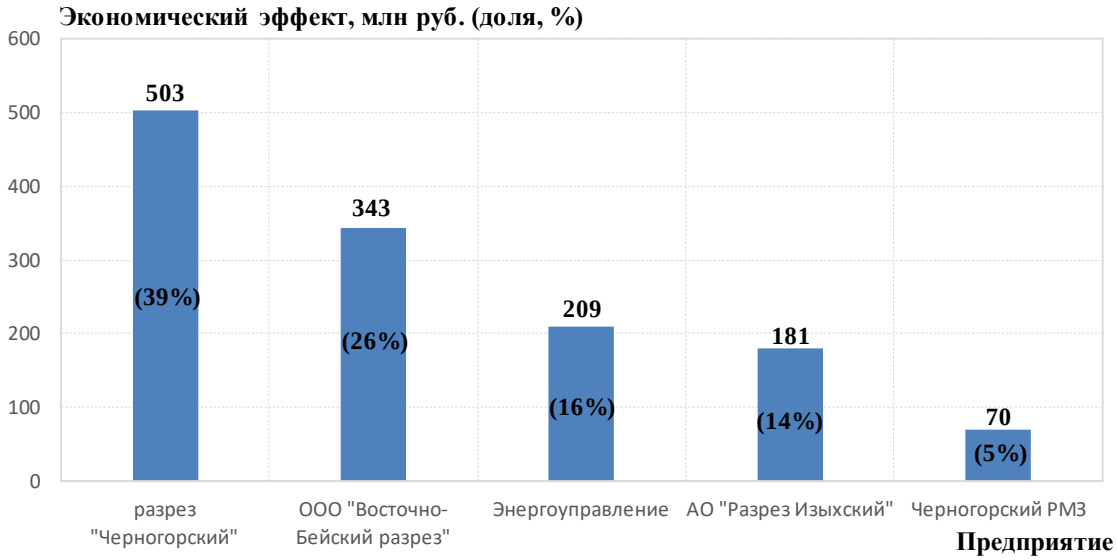


Рисунок 5.3.1 – Суммарный экономический эффект, достигнутый в результате улучшений производственных процессов в ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» за 2009-2018 гг.

За период 2012-2018 гг. на ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» персоналом подсистем организации работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования было реализовано 48 решений, большая часть из которых осуществлялась на разрезе «Черногорский» (рисунок 5.3.2). Определено, что в среднем в разработке и реализации каждого решения принимали участие: директор ПЕ, 2 заместителя директора, 4 инженерно-технических работника, 3 операционных работника.

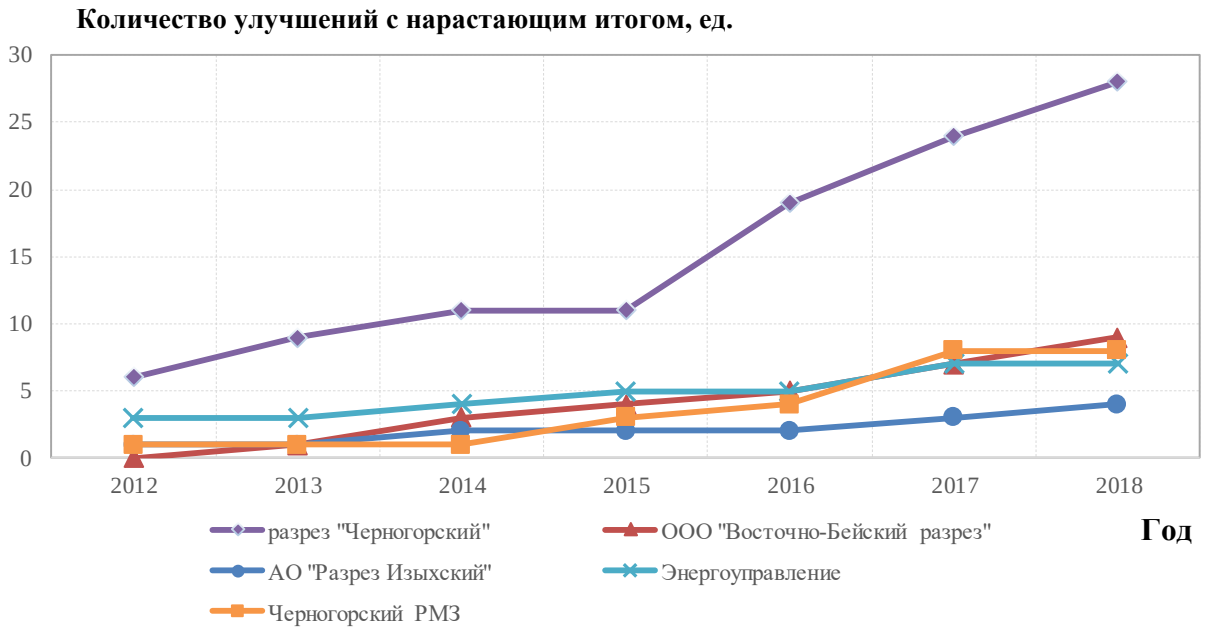


Рисунок 5.3.2 – Количество реализованных решений по развитию производственных процессов с нарастающим итогом на предприятиях ООО «СУЭК-Хакасия» в рамках системы непрерывных улучшений за период 2012-2018 гг.

Установленные соотношения вкладов каждого ПЕ в общую результативность и в количество реализованных решений по развитию производственных процессов определили необходимость учета динамики изменения вклада каждого предприятия, с целью выявления факторов, существенно влияющих на эту динамику. На основе исследования этих факторов были разработаны рекомендации для повышения результативности деятельности по обеспечению комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия. Для этого по каждому ПЕ «ООО СУЭК-Хакасия» была рассчитана динамика экономической результативности деятельности по реализации решений, как отношение среднегодового экономического эффекта за 2015-2018гг. к экономическому эффекту, достигнутому в 2012-2014 гг. (рисунок 5.3.3).

Рисунок 5.3.3 – Динамика результативности инновационной деятельности ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия»

Как видно из рисунка 5.3.3 ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» существенно различаются по динамике экономической результативности деятельности, направленной на реализацию решений по развития производственных процессов. При этом на некоторых ПЕ зафиксирована динамика уменьшения экономической результативности улучшений. Исследование причин различной динамики экономической результативности деятельности по реализации решений на ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» позволило определить, что на данных предприятиях существенно различается соотношение численности инженерно-технических работников (ИТР) и операционного персонала, занимающихся разработкой и реализацией этих решений (рисунок 5.3.4).

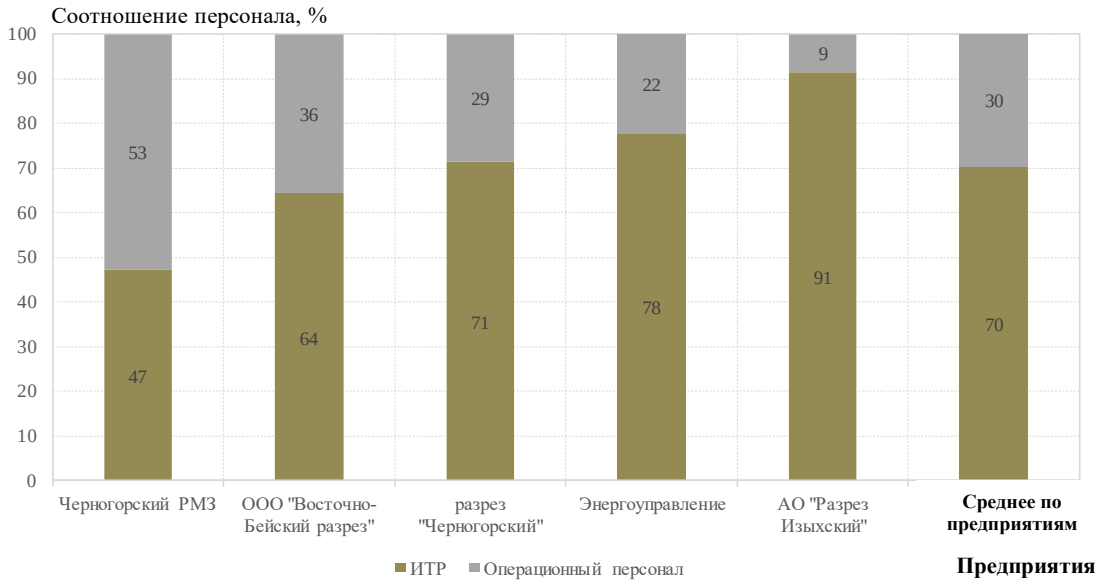


Рисунок 5.3.4 – Участники системы непрерывных улучшений ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» за период 2012-2017 гг.

Соотношение показателей, характеризующих динамику экономической результативности деятельности (рисунок 5.3.3) и структуру персонала, занимающегося разработкой и реализацией решений (рисунок 5.3.4), обусловило вывод, что наибольшей динамикой экономической результативности деятельности по реализации решений обладают те предприятия, у которых значительную долю в структуре персонала, вовлеченного в рабочие группы, составляет операционный персонал. Этот факт позволяет утверждать, что поскольку реализуемые решения зачастую направлены на улучшения рабочих мест, и в результате их реализации в большей степени меняется деятельность операционного персонала, то значительную долю численности персонала в рабочих группах должны составлять именно работники этой категории. Таким образом, целесообразным при планировании структуры рабочих групп становится учет показателя $K_{\text{сп}}$, определяемого соотношением количества операционных работников и ИТР, участвующих в реализации решений по развитию производственных процессов по формуле:

$$K_{\text{сп}} = N_{\text{оп}}/N_{\text{итр}}\ , \qquad (5.3.1)$$

где $K_{сп}$ – коэффициент структуры персонала в рабочих группах, занимающихся реализацией решений по развитию производственных процессов; $N_{оп}$ – количество операционного персонала в рабочих группах, чел; $N_{итр}$ – количество инженерно-технических работников в рабочих группах, чел.

Исследование зависимости динамики экономической результативности деятельности рабочих групп по реализации решений от коэффициента структуры персонала в рабочих группах позволило выявить связь между этими показателями, характеризующуюся полиномиальной функцией с коэффициентом аппроксимации 0,9 (рисунок 5.3.5).

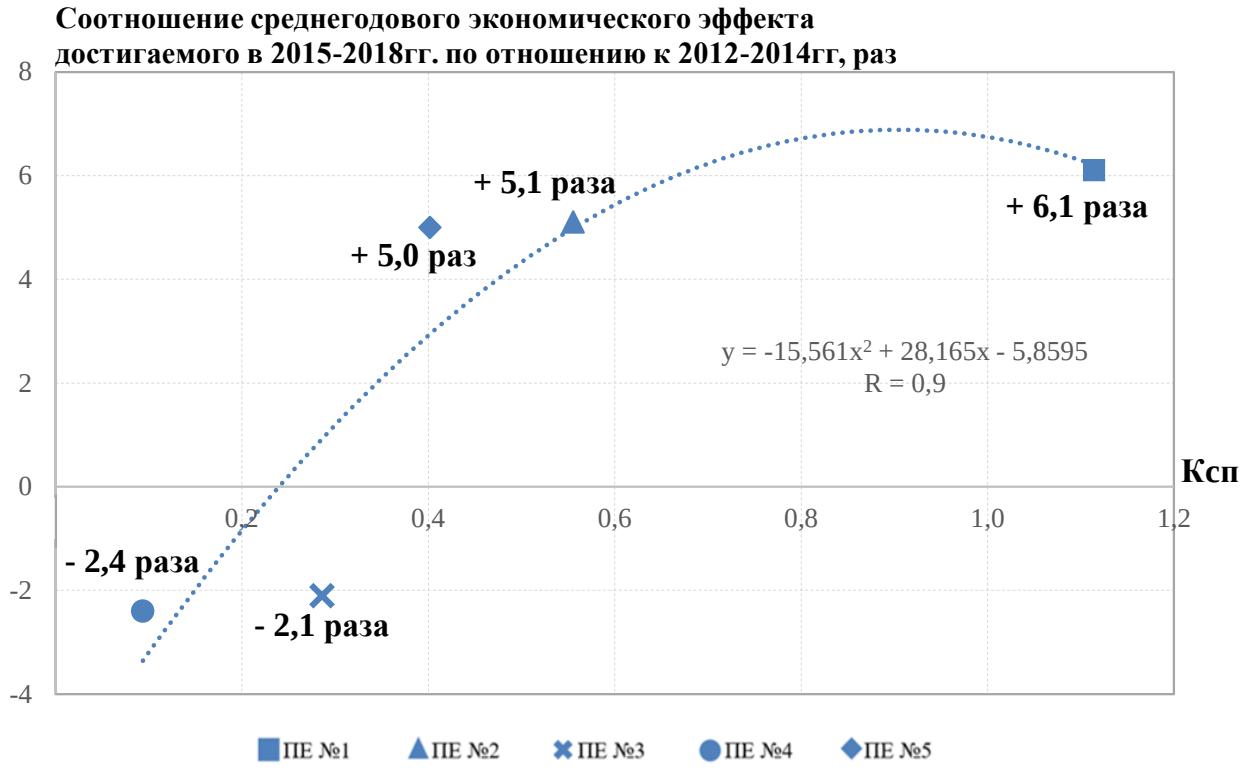


Рисунок 5.3.5 – Зависимость экономической результативности деятельности рабочих групп по реализации решений от коэффициента структуры персонала в рабочих группах

Выявленная зависимость является основанием для рекомендации к увеличению численности операционного персонала в рабочих группах на горнодобывающих предприятиях с целью повышения динамики экономической результативности деятельности по реализации решений, направленных на обеспечение комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования с

применением методологии развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия. Исходя из результатов произведенного анализа по ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» сделан вывод, что состав рабочих групп целесообразно формировать в соизмеримом соотношении количества ИТР и операционного персонала ($К_{сп} \geq 1$). При увеличении коэффициента структуры персонала рабочих групп возможно снижение динамики результативности инновационной деятельности ($К_{сп}$ значительно превышающим 1), что обусловлено снижением для инженерно-технических работников уровня управляемости процессами реализации решений.

Также, в ходе поиска возможностей увеличения экономической эффективности системы непрерывных улучшений на ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» на основе анализа реализованных решений определено, что данные предприятия существенно различаются результативностью решений, определяемой величиной экономического эффекта, приходящегося на 1 реализованное улучшение. При этом установлено, что для данного показателя также необходимы рекомендации по его эффективному управлению, т.к. в условиях ООО «СУЭК-Хакасия» по одним ПЕ он увеличивался, а по другим – уменьшался (рисунок 5.3.6).

Рисунок 5.3.6 – Изменение результативности решений по развитию производственных процессов по ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» за период 2015-2018 гг. относительно 2012-2014 гг.

Определение причин различной результативности решений по развитию производственных процессов позволило установить, что руководители данных предприятий реализуют отличающиеся подходы к формированию рабочих групп, занимающихся выработкой и реализацией данных решений. Это выражается в различающейся структуре участников рабочих групп ПЕ по показателю частоты участия сотрудников в реализации решений в рамках системы непрерывных улучшений. Структура персонала по частоте участия в системе непрерывных улучшений на ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» представлена на рисунке 5.3.7.

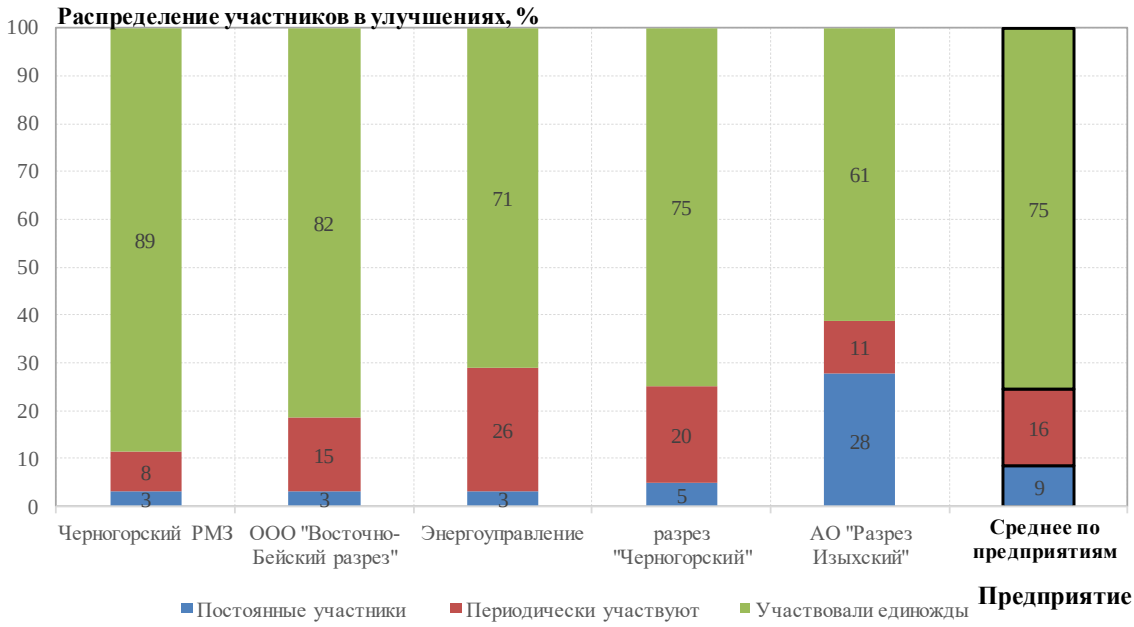


Рисунок 5.3.7 – Структура персонала по частоте участия в деятельности по реализации непрерывных улучшений на ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия»

На основании установленного распределения частоты участия персонала в деятельности рабочих групп становится целесообразным при планировании улучшений по развитию производственных процессов осуществлять учет показателя $K_{\text{вп}}$, определяемого соотношением между количеством впервые привлекаемых участников в рабочие инновационные группы, и постоянно участвующих по формуле:

$$K_{\text{вп}} = N_{\text{вп}}/N_{\text{пу}}\ , \qquad (5.3.2)$$

где: $N_{вп}$ – количество работников, впервые привлекаемых к деятельности по развитию, чел; $N_{пу}$ – количество постоянно участвующих работников в деятельности по развитию, чел.

Анализ подходов к регулированию состава рабочих групп и определение их влияния на требуемый результат позволили установить связь результативности улучшений с долей новых участников в рабочих группах, выраженной коэффициентом впервые привлекаемых работников к деятельности по развитию производства (рисунок 5.3.8).

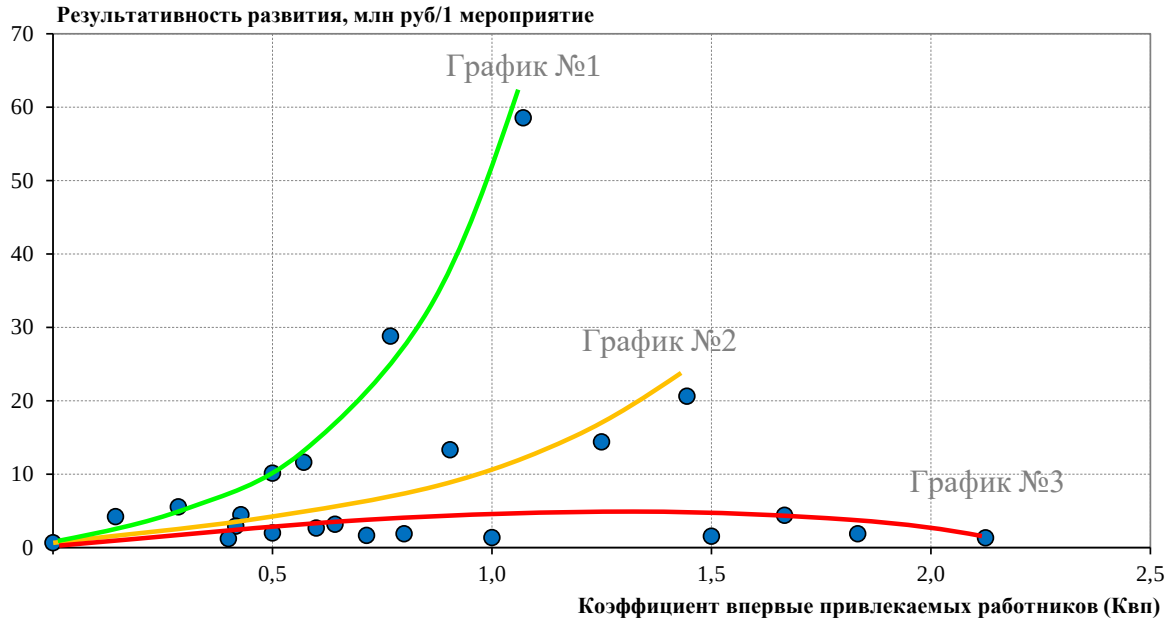


Рисунок 5.3.8 – Зависимость результативности улучшений производственных процессов от доли новых участников в рабочих группах

Сущность установленной связи заключается в повышении эффективности деятельности по развитию производственных процессов при включении во взаимодействие с постоянными участниками процесса улучшений новых участников, более заинтересованных в повышении своей ценности для предприятия посредством реализации профессиональных интересов. При этом, исходя из имеющихся данных исследования, состав рабочей группы целесообразно формировать в соизмеримом соотношении как новых участников и постоянных ($К_{вп} \rightarrow 1$), так и количества ИТР и операционного персонала ($К_{сп} \rightarrow 1$). Максимально эффективное соотношение ($К_{вп}$) приведено на графике 1 рисунка 5.3.8. В случае значительного

преобладания в группе новых участников (графики 2 и 3) положительная динамика результативности улучшений снижается. Причиной данного факта является низкий уровень управляемости и необходимости непрерывного сопровождения деятельности новых участников при организации реализации решений по улучшениям. Кроме этого, было определено, что на результативность развития также оказывает существенное влияние характеристики профессионализма участников группы, включающие в себя уровень квалификации, достаточности полномочий и ответственности для реализации улучшений производства и доведения их до требуемого результата.

Выявленная связь результативности решений по улучшению производственных процессов с долей новых участников в рабочих группах, обусловливает рекомендацию по изменению подхода при определении состава рабочих групп на горнодобывающих предприятиях – для повышения результативности решений, направленных на обеспечение комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования. Расчетным путем установлено, что при реализации произведенных улучшений производственных процессов рабочими группами, в составе которых доля новых участников составляла бы 60% от общего количества участников, фактический экономический эффект, достигнутый в рамках системы непрерывных улучшений на ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия», можно было увеличить за десятилетний период в среднем на 15%.

Применение разработанных рекомендаций по определению целесообразной структуры рабочих групп позволило в условиях ПЕ ООО «СУЭК-Хакасия» существенно повысить эффективность как деятельности по обеспечению комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования, так и всей системы непрерывных улучшений. Проведенные анализ и оценка результатов реализации решений показали, что за январь-ноябрь 2020 г. по отношению к максимально достигаемым результатам за период 2012-2019 гг.

количество реализованных мероприятий увеличилось в 4 раза при росте их суммарного экономического эффекта в 2,6 раза.

Применение рекомендаций к определению экономической эффективности решений, реализуемых рабочими группами по обеспечению взаимосоответствующего и взаимодополняющего взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования позволяет устанавливать стоимость услуг оказываемых подсистемами друг другу при формировании рыночных отношений между персоналом системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Проведенное исследование характеристик взаимодополнения подсистем показало, что в части контроля достижения цели и решения задач развития системы эксплуатации оборудования комплекса технологического горного оборудования для достижения требуемого уровня его работоспособности с приемлемым уровнем затрат ресурсов на горнодобывающих предприятиях реализуются три типа контроля за работоспособностью: опережающий, ситуативный и запаздывающий. Характеристики каждого типа контроля представлены в таблице 5.3.1 [183, 259, 296].

Таблица 5.3.1. Типы контроля работоспособности оборудования

Тип контроля	Сущность	Содержание основных средств обеспечения контроля
Опережающий	Выявление поломки до стадии зарождения дефекта	Средства технической диагностики, фиксирующие негативное воздействие факторов и моделирование опасных производственных ситуаций, обусловливающих зарождение поломки
Ситуативный	Выявление поломки на стадии развития дефекта	Средства технической диагностики и операторы, фиксирующие отклонения технических параметров оборудования от заданных
Запаздывающий	Ремонт по факту поломки	Регламент и технологические карты на ремонт, инструмент для ремонта и средства механизации, ремонтный персонал

Следует отметить, что выявленные типы контроля обладают свойством вложенности – ситуативный тип контроля содержит в себе запаздывающий тип контроля, а опережающий тип включает в себя ситуативный. На большинстве исследованных в рамках данной работы отечественных горнодобывающих

предприятиях преобладает запаздывающий тип контроля. Это приводит к тому, что все рабочее время персонала подсистем затрачивается на выполнение текущих задач, решение которых обеспечивает выполнение плановых объемов производства, а задачи развития не решаются. Определено, что переход от запаздывающего типа контроля к ситуативному и опережающему требует не только изменения технологии и технического переоснащения, но и изменения приоритетов в деятельности персонала подсистем. Для подсистемы ремонтного обслуживания освоение более эффективных типов контроля требует учета риска возникновения внезапных отказов оборудования для определения рациональных сроков и перечня операций плановых обслуживаний, а для подсистемы организации работы – механизма учета и улучшения параметров рабочей среды и режимов эксплуатации.

Рекомендуется систему снижения рисков возникновения внезапных отказов оборудования формировать по схеме, представленной на рисунке 5.3.9 [297].

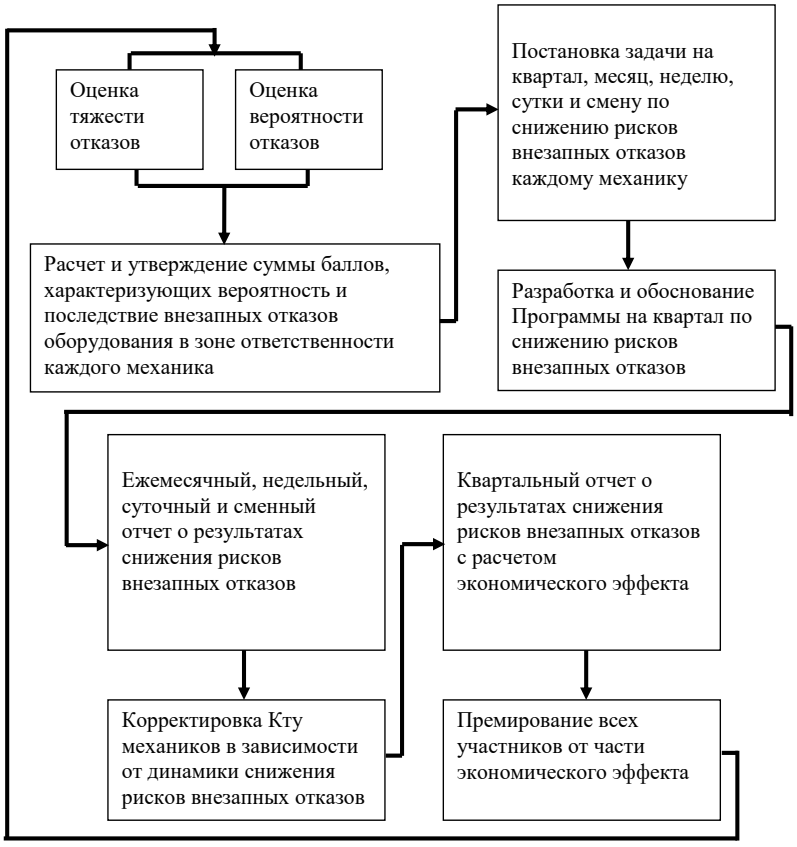


Рисунок 5.3.9 – Схема функционирования системы снижения рисков возникновения внезапных отказов оборудования

Таким образом, разработанные рекомендации по эффективному освоению методологии развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволяют повышать эффективность деятельности персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования, направленной на обеспечение комплементарного взаимодействия этих подсистем, а также определять экономическую эффективность этой деятельности и формировать механизмы обеспечения контроля достижения цели и решения задач развития системы эксплуатации.

Достигнутые результаты применения разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на отечественных горнодобывающих предприятиях предопределили дальнейшие направления исследований автора:

– развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на основе цифровой трансформации процессов организации его работы и ремонтного обслуживания;

– разработка научной концепции формирования адаптивной системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Выводы по 5 главе

1. Применение методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия позволило:

– в разрезоуправлении «Новошахтинское» ООО «Приморскуголь» опираясь на закономерность, заключающуюся в том, что эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ограничивается подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции, а также с использованием методов обеспечения комплементарности реализованы решения по улучшению организации производства, в результате которых произошло увеличение удельной производительности экскаваторов,

выражаемой нагрузкой на 1 м^3 ковша, в 2 раза, а также сокращение количества этих машин в 2,5 раза, что существенно сократило приведенную длительность производственного цикла и себестоимость производства предприятия;

– на обогатительной фабрике ООО «СУЭК-Хакасия», осуществляющей переработку угля разреза «Черногорский», сформирован организационно-экономический механизм, освоение которого обеспечило увеличение доли времени на ППР в 1,5 раза, в результате чего доля продолжительности устранения внеплановых отказов сократилось в 1,7 раза. Оценка результатов применения методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на ОФ ООО «СУЭК-Хакасия» за период 2013-2015 гг., показала, что производительность по переработке полезного ископаемого увеличилась в 1,13 раза, а общее количество внезапных отказов оборудования фабрики и затраты на его ремонтное обслуживание сократились в 1,7 раза;

– на разрезе «Черногорский», опираясь на выявленную закономерность, заключающуюся в том, что организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, реализованы решения, обеспечившие сокращение удельного количества отказов парка автосамосвалов БелАЗ в 1,2 раза и парка экскаваторов Komatsu PC4000 в 1,15 раза. Это обеспечило рост производительного времени работы этих машин в 1,25 раза. Также были установлены рациональные сроки эксплуатации оборудования, что позволило снизить совокупную стоимость владения оборудованием технологического комплекса в 1,15 раза, повысить его расчетную прибыль в 1,18 раза.

2. Применение методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на подземных горнодобывающих предприятиях, позволило в ООО «Шахта Чертинская-Коксовая»:

– опираясь на закономерность, которая выражается в том, что эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ограничивается подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции, освоен организационно-экономический механизм, обеспечивший в подсистеме ремонтного обслуживания оборудования сокращение продолжительности сменных простоев рельсовых дизелевозов в ожидании проведения ТО в 4 раза и количество отклонений от графика постановки на ТО и ремонт в 3 раза, в результате чего продолжительность устранения внезапных отказов сократилась в 2,7 раза, а их количество – в 1,9 раза. Это поспособствовало увеличению объема добычи шахтой в 1,67 раза;

– опираясь на закономерность, которая выражается в том, что организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования осуществлена работа по одновременному развитию подсистем организации работы и ремонтного обслуживания проходческого оборудования, в результате чего удалось увеличить среднемесячный объем проходки в 1,35 раза.

3. В результате обобщения содержания методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и опыта ее реализации на ряде отечественных горнодобывающих предприятиях разработаны рекомендации по эффективному их освоению для повышения эффективности деятельности персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования, направленной на обеспечение комплементарного взаимодействия этих подсистем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся завершенной научно-квалификационной работой, решена научная проблема разработки методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, базирующихся на использовании комплементарного подхода к совершенствованию взаимодействия ее подсистем. Применение этих методологических основ в производственной деятельности горнодобывающих предприятий России с открытым способом разработки месторождений позволяет повышать их конкурентоспособность, что имеет важное народнохозяйственное значение.

Основные выводы, научные и практические результаты работы, полученные автором, заключаются в следующем:

1. Выявлено, что в системе эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающих предприятий России сохраняется тенденция доминирования подсистемы организации работы горного оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания, что приводит к недоиспользованию 45-65% технического потенциала технологического горного оборудования, перерасходу финансовых ресурсов более чем на 30% и, как следствие, несоответствию процесса функционирования этой системы возрастающим требованиям к эффективности производства.

2. Доказано, что соответствие процесса функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования возрастающим требованиям к эффективности производства обеспечивается ее развитием, которое достигается, главным образом, в результате совершенствования взаимодействия между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования.

3. Рассмотрение взаимодействия между подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования как ключевой связи, определяющей уровень реализации предназначения системы эксплуатации

комплекса технологического горного оборудования, по сути представляет собой комплементарный подход к ее развитию. Применение этого подхода позволяет без капитальных вложений повышать уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

4. Предложено результаты совершенствования взаимодействия между подсистемами оценивать динамикой показателей приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции, отражающей в общем виде изменение эксплуатационных характеристик комплекса технологического горного оборудования.

5. Определено, что на результаты взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования оказывает влияние их взаимосоответствие и взаимодополнение, характеризующие комплементарность подсистем в процессе реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования. Установлены характерные интервалы значений показателя комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования: менее 0,2; 0,2-0,7; более 0,7.

6. Выявлено, что характерным интервалам значений показателя комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования соответствуют определенные значения приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции: при величине комплементарности менее 0,2 значения этих показателей более чем в 2 раза превышают минимально возможные, при 0,2-0,7 – не менее чем в 1,5 раза превышают минимально возможные значения, при величине более 0,7 – могут быть достигнуты минимально возможные значения этих показателей.

7. Установлено, что уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования обусловлен влиянием следующих двух закономерностей ее функционирования:

– эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования ограничивается подсистемой с более низким качеством выполнения своей функции;

– организация взаимодополняющей деятельности подсистем обусловливает повышение уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

8. Обоснованы характеристики качества выполнения функций подсистемами организации работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования. Эти характеристики позволяют выявлять подсистему с более низким качеством выполнения своей функции и определять приоритеты в реализации решений по развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

9. Выявлены связи эффективности использования комплекса технологического горного оборудования и себестоимости производства продукции с вероятностью и тяжестью последствий сбоя производственного цикла предприятия, описываемые экспоненциальными функциями. Разработан риск-ориентированный подход к снижению риска сбоев производственного цикла предприятия в процессе функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, учитывающий качество условий работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования. Предложена методика выбора стратегии проведения ремонтов комплекса технологического горного оборудования для обеспечения приемлемого уровня риска сбоев производственного цикла предприятия.

10. Разработаны методологические основы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия, включающие: комплементарный подход; показатели, в общем виде отражающие эксплуатационные характеристики этого комплекса; критерий комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования; закономерности функционирования

системы и алгоритм ее развития. Разработан методический инструментарий для применения в практической деятельности отечественных предприятий методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

11. Применение разработанных методологических основ и методического инструментария на предприятиях ООО «СУЭК-Хакасия», АО «Разрез Тугнуйский», ПАО «Ураласбест» в период с 2011 по 2022 гг. при разработке и реализации решений по развитию систем эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволило посредством повышения комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования получить экономический эффект в размере 485 млн руб.

Направлениями дальнейших исследований автора являются следующие:

– развитие системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на основе цифровой трансформации процессов организации его работы и ремонтного обслуживания;

– разработка научной концепции формирования адаптивной системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хажиев В.А. Развитие системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия: теория и практика: монография. – Челябинск: Издательский центр «Титул», 2022. – 198 с.

2. Костарев А.С. Разработка стратегии инновационного развития угледобывающего производственного объединения в условиях смены технологических укладов: дис. … д-ра экон. наук. – Челябинск. – 2020. – 284 с.

3. Хажиев В.А. Исследование системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2022. – №3. – С. 75-87.

4. Промышленная безопасность, охрана труда, экология и медицина труда в СУЭК: итоги 2018 года. Задачи 2019 года. Культура, организация, безопасность и эффективность труда – основа развития производства в АО «СУЭК» / В.Б. Артемьев, В.В. Лисовский, С.А. Волков и др. // Отдельная статья горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). – М.: Изд-во «Горная книга». – 2019. – 54 с. – (Сер. «Б-ка горного инженера-руководителя». Вып. 35).

5. Анистратов К.Ю. Мировые тенденции развития структуры парка карьерной техники // Горная промышленность. – 2011. – №6. – С. 22-26.

6. Эффективное развитие угледобывающего производственного объединения: практика и методы / Килин А.Б., Азев В.А., Костарев А.С., Баев И.А., Галкина Н.В.; под ред. В.Б. Артемьева. – М.: Издательство «Горная книга». – 2019. – 280 с.

7. ГОСТ 25866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения // URL: https://docs.cntd.ru/document/1200009513 (Дата обращения: 15.03.2023).

8. Каплунов Д.Р. Современное содержание методологии проектирования освоения недр // Недропользование XXI век. – 2008. – №1.– С. 32-34.

9. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Развитие теории проектирования и реализация идей комплексного освоения недр // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – №4. – С. 20-41.

10. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Принципы проектирования горнотехнических систем комплексного освоения рудных месторождений комбинированной геотехнологией // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2008. – №6. – С. 58-66.
11. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Кидяев В.А. Использование преимуществ карьерного комбинированного транспорта при открыто-подземной разработке месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2010. – №3 (31). – С. 5-7.
12. Гавришев С.Е. Обоснование организационно-технологических методов повышения надежности и эффективности работы карьеров: дис. … д-ра техн. наук. – Магнитогорск, 2002. – 306 с.
13. Артемьев В.Б., Килин А.Б., Галкин В.А. Проблемы формирования инновационной системы управления эффективностью и безопасностью производства в условиях финансового кризиса // Уголь. – 2009. – №6 (998). – С. 24-27.
14. Галкин В.А., Никишичев Б.Г., Соколовский А.В. Структура организационно-технологического аудита эффективности и безопасности углепроизводства // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №S17. – С. 59-68.
15. Комбинированная геотехнология при освоении алмазоносного месторождения трубки «Удачная» / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, В.Н. Калмыков и др. // Горная промышленность. – 2005. – №4 (62). – С. 22-26.
16. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Калмыков В.Н. Научно-методическое обоснование модульного принципа проектирования горнотехнических систем // Недропользование XXI век. – 2009. – №5. – С. 74-78.
17. Корнилков С.В., Славиковский О.В. Общий методический подход к формированию стратегии поддержания и развития минерально-сырьевой базы крупного горнообогатительного предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – №1. – С. 370-375.

18. Яковлев В.Л., Корнилков С.В. Технические и экономико-организационные аспекты разработки месторождений в сложных условиях эксплуатации // Горный журнал. – 2009. – №5. – С. 75-78.
19. Яковлев В.Л., Корнилков С.В. Методические подходы к учету общих закономерностей и региональных особенностей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №S15. – С. 22-31.
20. Мельник В.В., Шулятьева Л.И., Шабловский А.В. Совершенствование методов оптимизации параметров технологических схем при проектировании шахт нового технического уровня // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №3. – С. 256-265.
21. Мельник В.В., Шулятьева Л.И. Обоснование параметров геотехнологических систем шахт нового технического уровня // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №8. – С. 229-233.
22. Соколовский А.В. Оценка возможностей развития производственной системы угольного разреза // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №1. – С. 52-59.
23. Соколовский А.В. Оценка производственного потенциала действующего карьера для проектирования инновационных преобразований // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №12. – С. 27-31.
24. Соколовский А.В. Оценка резервов эффективности производства на основе исследования уровня взаимодействия организационной и технологической подсистем угольного разреза // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2007. – №7. – С. 52-57.
25. Сафронов В.П., Токарев Г.А. Методический подход в технико-экономической оценке месторождений нерудных полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – №3. – С. 283-286.

26. Сафронов В.П., Сафронов В.В., Макаров Р.В. Основные подходы повышения эффективности подготовки карбонатного массива к экскавации взрывным способом // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – №2. – С. 328-333.

27. Фомин С.И., Донченко Т.В. Оценка риска реализации проектов горнотехнических систем // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – №3. – С. 229-236.

28. Фомин С.И., Фауль А.А., Кава П.Б. Оценка эффективности инвестирования открытой разработки сложноструктурных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №5. – С. 312-315.

29. Цифровая модель процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием карьерного экскаватора / А.П. Комиссаров, Ю.А. Лагунова, Р.Ш. Набиуллин и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – №4. – С. 156-168.

30. Анализ металлоконструкций стрелы карьерного экскаватора методом неразрушающего контроля / Ю.А. Лагунова, С.А. Хорошавин, Р.Ш. Набиуллин и др. // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №15. – С. 115-123.

31. Глебов А.В. Концепция методологии взаимной адаптации автомобильно-конвейерного транспорта и развивающейся горнотехнической системы карьера // Горная промышленность. – 2021. – №1. – С. 78-85.

32. Глебов А.В. Определение значимости показателей при оценке уровня качества геотехники // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – №1. – С. 123-137.

33. Шибанов Д.А., Иванов С.Л., Иванов А.А. Цифровые двойники в горном машиностроении, как инструмент повышения эффективности эксплуатации горных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – №S3. – С. 3-13.

34. Разработка интегрированной системы управления для предприятий машиностроительной отрасли по ремонту горного оборудования / И.В. Зеньков, А.С. Морин, В.Н. Вокин и др. // Уголь. – 2021. – №1 (1138). – С. 26-29.
35. Cumulative production potential of quarries to supply crushed stone factories in Russia: an overview / I.V. Zenkov, A.S. Morin, V.N. Vokin and etc. // Eurasian Mining. – 2021. – №1. – P. 45-48.
36. Информационное обеспечение инновационного развития машиностроительного комплекса по ремонту горнотранспортного оборудования в условиях рыночной экономики / И.В. Зеньков, С.В. Ченцов, А.С. Морин и др. // Уголь. – 2020. – №1 (1126). – С. 41-45.
37. Комплексная открыто-подземная разработка мощных месторождений крепких руд / М.И. Агошков, Д.Р. Каплунов, В.И. Шубодеров и др. // Горный журнал. – 1991. – №10. – С. 26-30.
38. Смирнов М.Ю., Смирнов Е.В., Мельников Н.В. Проблемы выполнения геолого-разведочных работ в современных геолого-экономических условиях в Восточной Сибири // Геология нефти и газа. – 2012. – №1. – С. 15-20.
39. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Производственные процессы. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых». – 5-е изд. – Москва, 2010. – (Сер. Классика инженерной мысли (КИМ): горное дело. – 512 с.
40. Арсентьев А.И. Стратегия и тактика проектирования открытых горных работ // Горный журнал. – 2008. – №11. – С. 54-58.
41. Проблемы вскрытия и отработки глубоких горизонтов карьера / А.А. Новиков, Ф.Б. Кампель, В.Д. Павлов и др. // Горный журнал. – 1982. – №7. – С. 14-15.
42. Рыльникова М.В., Зотеев О.В., Никифорова И.Л. Развитие нормативной базы в области обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов // Горная промышленность. – 2018. – №3 (139). – С. 95.

43. Зурков П.Э., Бусырев В.М. Исследование эффективности грохотного и скреперного способов доставки руды // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1964. – №1. – С. 19-24.
44. Истомин В.В., Пастихин Д.В. О технологических комплексах и развитии производственных мощностей угольных разрезов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №6. – С. 195-203.
45. Шибаев Е.В., Коваленко В.С., Литвиненко Е.В. Оценка технологических возможностей отработки угольных разрезов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1999. – №4. – С. 157-159.
46. Изучение влияния размеров рабочей зоны карьера и направления развития горных работ на показатели качества руды / Ю.А. Килин, А.И. Косолапов, И.И. Вашлаев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2004. – №12. – С. 177-180.
47. Саканцев Г.Г. Ресурсосберегающие технологии при разработке рудных месторождений с использование выработанного пространства // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – №8. – С. 226-234.
48. Брюховецкий О.С., Секисов А.Г., Климов С.С. Математическая модель горного предприятия как система эколого-экономических параметров его функционирования // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2006. – №5. – С. 67-69.
49. Томаков П.И., Коваленко В.С. Вовлечение в производство ресурса выработанного пространства – основное направление в снижении ресурсоемкости и улучшении экологических показателей угледобычи на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1998. – №3. – С. 37-44.
50. Берлович В.В., Холодняков Г.А. О новых подходах к проектированию открытых горных работ // Горный журнал. – 2006. – №4. – С. 10-12.

51. Новое в теории оптимизации проектирования открытых горных работ / В.С. Хохряков, С.В. Корнилков, Ю.И. Лель и др. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2006. – №5. – С. 7-14.

52. Азев В.А. Подход к повышению качества планирования производственных процессов угледобывающего производственного объединения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №10. – С. 380-390.

53. Азев В.А. Оценка планирования технологических процессов на угледобывающем предприятии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №5. – С. 369-374.

54. Формирование системы планирования и организации улучшений производственных процессов В ООО «СУЭК-Хакасия» / А.Б. Килин, В.А. Азев, Г.Н. Шаповаленко и др. //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №S5. – С. 73-89.

55. Агафонов В.В., Сошников С.Д. Технико-экономическое обоснование решений и технологических схем в области извлечения угольных запасов из целиков различного функционального назначения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №10. – С. 203-206.

56. Агафонов В.В. Пути повышения конкурентоспособности шахтного фонда угольных компаний на базе использования нетрадиционных структурно-технологических решений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №7. – С. 315-319.

57. Исследование закономерностей изменения показателей работы карьерных самосвалов в течение срока их эксплуатации / Ю.Ф. Руденко, П.И. Опанасенко, Ю.М. Мишин и др. //Уголь. – 2008. – №7 (987). – С. 58-63.

58. Щадов М.И., Анистратов К.Ю., Федоров А.В. Метод формирования структуры парка карьерной техники на действующем предприятии // Горная промышленность. – 2009. – №5 (87). – С. 10-17.

59. Галиев С.Ж., Бояндинова А.А., Елубаев С.А. Выбор горнотранспортного оборудования в рамках инновационной политики технологического развития горнодобывающего предприятия на открытых разработках // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – №S8. – С. 57-70.
60. Об организации системы визуализированного учета результатов работы горнотранспортного участка ОАО «Разрез Тугнуйский» / А.Б. Рыбинский, А.В. Горохов, А.С. Довженок и др. // Уголь. – 2013. – №12 (1053). – С. 77-81.
61. Опыт формирования системы управления развитием предприятий угольной компании / А.В. Федоров, В.Н. Кулецкий, А.В. Великосельский и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №2. – С. 59.
62. Федоркевич Т.И., Довженок А.С. Экономический рычаг повышения результативности труда ремонтного персонала подразделения // Нормирование и оплата труда в промышленности. – 2015. – №3. – С. 25-30.
63. Кантович Л.И., Султонов Х.Н., Кузиев Д.А. Влияние конструктивных и технологических параметров на забойную производительность карьерной механической прямой напорной лопаты // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №6. – С. 271-275.
64. Направления повышения эффективности экскаваторно-автомобильных комплексов угледобывающих предприятий / Ю.И. Лель, А.Л. Жуков, Н.А. Николаев и др. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2013. – №2. – С. 29-35.
65. Исследование производительности выемочно-погрузочного оборудования на карьерах АК «Алроса» / Ю.И. Лель, Д.Х. Ильбульдин, Н.В. Мартынов и др. // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: Сборник докладов / Отв. за вып. Н. Г. Валиев. – 2016. – С. 90-95.
66. О повышении эффективности работы угольных разрезов России / В.А. Галкин, А.Б. Килин, А.М. Макаров и др. // Горный журнал. – 2012. – №8. – С. 5-8.

67. Галкин В.А., Килин А.Б., Макаров А.М. Теоретические основы и методы проектирования горнодобывающего предприятия как организационно-технологической системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – №S4-11. – С. 3-16.

68. Хорешок А.А., Пудов Е.Ю., Любимов О.В. Проблемы формирования и эксплуатации регионального парка гидравлических экскаваторов с ковшами малой и средней вместимости // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2009. – №1 (71). – С. 3-7.

69. Хорешок А.А., Кудреватых А.В., Кузнецов В.В. Характеристика методов технического обслуживания горно-транспортного оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №S5. – С. 48-61.

70. Комплексный подход к оценке эффективности организации горнотранспортных работ на открытых разработках / С.Ж. Галиев, А.А. Бояндинова, Ж.А. Бояндинова и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2007. – №1 (17). – С. 24-28.

71. Галиев С.Ж., Саменов Г.К., Сапар К.С. Методология экономической оценки эффективности горно-транспортных комплексов карьеров на основе автоматизированной системы мониторинга и имитационного моделирования // Проблемы недропользования. – 2015. – №4 (7). – С. 5-13.

72. Экономико-математическая модель функционирования предприятия технологического карьерного автотранспорта / К.Ю. Анистратов, В.Я. Стремилов, М.В. Тетерин и др. // Горная промышленность. – 2007. – №1 (71). – С. 20-24.

73. Довженок А.С. Развитие теории и методов управления автотранспортной системой горнодобывающего предприятия: дис. … д-ра техн. наук. – Санкт-Петербург, 2002. – 229 с.

74. Довженок А.С., Ковалев М.Н. Технологический аудит параметров работы карьерного автотранспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2005. – №4. – С. 252-256.

75. Подход к управлению технической готовностью карьерного автотранспорта / В.Н. Кулецкий, А.Б. Рыбинский, А.В. Горохов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №S5-23. – С. 3-22.

76. Черских О.И. Обоснование режимов горных работ на угольных месторождениях с мощными пологопадающими пластами: дис. … к-та техн. наук. – Магнитогорск, 2002. – 179 с.

77. Черских О.И. Повышение качества производственного процесса на угледобывающем предприятии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №5. – С. 296-305.

78. Черских О.И. Стратегия и параметры развития горных работ на угольном разрезе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №5. – С. 392-400.

79. Иванов В.Н. Концепция эффективного использования парка машин дорожно-строительных организаций: дис. … д-ра техн. наук. – Омск, 2005. – 399 с.

80. Иванов В.Н., Салихов Р.Ф., Несов К.Н. Влияние наработки на эксплуатационную производительность и продолжительность проведения ремонтов дорожно-строительных машин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2003. – №10 (538). – С. 93-95.

81. Андреева Л.И. Формы организации и состояние ремонтного производства горной техники в России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – №5. – С. 276-284.

82. Андреева Л.И. Комплексная оценка деятельности ремонтного производства горнодобывающего предприятия // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – №5. – С. 41-46.

83. Боярских Г.А., Дергунов Н.П. Принципы и задачи мониторинга надежности технических систем горной промышленности // Горный

информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2000. – №1. – С. 214-215.
84. Медведевских В.А., Боярских Г.А., Рубцов М.В. Статистический анализ технического состояния и ремонтопригодности экскаваторов ЭКГ-8И в процессе эксплуатации // Известия УГГУ. – 2010. – №24. – С. 101-106.
85. Боярских Г.А., Боярских И.Г. Надежность горных машин и оборудования. Учебное пособие для студентов специальности 150402 – «Горные машины и оборудование. – 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: УГГУ, 2009. – 115 с.
86. Герике Б.Л., Абрамов И.Л., Герике П.Б. Стратегия технического обслуживания горных машин по фактическому состоянию на основе методов вибродиагностики и неразрушающего контроля // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2008. – №1 (65). – С. 11-14.
87. Герике П.Б., Абрамов И.Л. Стратегия профилактического обслуживания горных машин на основе распознавания их фактического технического состояния // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2008. – №7. – С. 70-80.
88. Зырянов И.В., Шадрин А.И., Гамбаль М.Ю. Нормирование потребности в запасных частях для технического обслуживания и ремонтов большегрузных карьерных самосвалов // Горный журнал. – 2009. – №10. – С. 86-88.
89. Зырянов И.В. Повышение эффективности систем карьерного автотранспорта в экстремальных условиях эксплуатации: дис. … д-ра техн. наук. – Санкт-Петербург, 2006. – 378 с.
90. Кац Б.А. Из истории создания системы планово-предупредительного ремонта // Главный механик. – 2013. – №11. – С. 19-26.
91. Кац Б.А., Ульянова О.Л. Анализ повреждаемости оборудования на основе информации, содержащейся в базе данных системы управления активами предприятия // Труды СПбГТУ. – 2013. – №515. – С. 32-36.
92. Квагинидзе В.С., Корецкий В.Б. Основные методы восстановления металлоконструкций большегрузных карьерных автосамосвалов,

эксплуатируемых в условиях севера // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2008. – №8. – С. 37-39.

93. Квагинидзе В.С., Корецкий В.Б., Чупейкина Н.Н. Совершенствование методов ремонта металлоконструкций большегрузных карьерных автосамосвалов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – №S8. – С. 295-303.

94. Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта карьерного автотранспорта / В.С. Квагинидзе, В.Б. Корецкий, Н.А. Корецкая и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – №S8. – С. 211-220.

95. Кулешов А.А. Способы повышения качества функционирования систем карьерного автотранспорта в современных условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №5. – С. 311-316.

96. Кулешов А.А., Литвин А.Г. Анализ современных методов прогнозирования ресурса узлов и деталей горнотранспортных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2004. – №3. – С. 294-296.

97. Махно Д.Е., Шадрин А.И. Управление ресурсами технической эксплуатации горного оборудования // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2005. – №2 (22). – С. 68-71.

98. Леоненко А.С., Махно Д.Е., Леоненко С.С. Улучшение эксплуатационных показателей горной техники на основе повышения управляемости процессов использования и ремонта // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – №3. – С. 31-35.

99. Обоснование мощности ремонтной базы в условиях географической разобщенности горных предприятий (на примере ОАО «Бурятзолото») / А.М. Павлов, Р.В. Воробьев, Д.Е. Махно и др. // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – №10. – С. 17-19.

100. Новоселецкий А.П., Махно Д.Е., Шадрин А.И. Управление технической эксплуатацией и надежностью горного оборудования // Горный журнал. – 2005. – №7. – С. 121-124.
101. Морозов В.И., Гончаров А.Б., Тулинов А.Б. Прогрессивные технологии восстановления деталей горного и обогатительного оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – №6. – С. 362-364.
102. Брусова О.М., Олизаренко В.В. Оценка наработки на отказ деталей молотковых дробилок в условиях эксплуатации // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. – Екатеринбург, 2011. – С. 203-205.
103. Техническое диагностирование горного оборудования / В.В. Олизаренко, А.Д. Кольга, А.Я. Ременник и др. // Освоение запасов мощных рудных месторождений. – Магнитогорск, 2000. – С. 253-258.
104. Разработка системы мониторинга технического состояния карьерного гусеничного экскаватора / В.С. Великанов, К.В. Исмагилов, В.В. Олизаренко и др. // Добыча, обработка и применение природного камня: Сборник научных трудов / Под ред. Г.Д. Першина. – Магнитогорск, 2010. – С. 204-210.
105. Техническое диагностирование механического оборудования / В.В. Олизаренко, А.Д. Кольга, А.Я. Ременник и др. // Процессы и оборудование металлургического производства. Магнитогорск, 2000. – С. 174-181.
106. Саитов В.И. Оптимизация комплекса средств механизации горных предприятий // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2017. – №1. – С. 86-91.
107. Андреева Л.И. Методология формирования системы технического сервиса горно-транспортного оборудования на угледобывающем предприятии: дис. … д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2004. – 297 с.
108. Боярских Г.А. Теория старения и восстановления машин / Федеральное агентство по образованию; Гос. образовательное учреждение высш. проф.

образования «Уральский государственный. горный университет». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 174 с.
109. Голубев В.А., Троп А.Е. Надежность горного оборудования эффективность его использования. – М.: Недра, 1974. – 80 с.
110. Жиганов П.А. Повышение эффективности функционирования карьерных дробильно-перегрузочных установок: дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2009. – 219 с.
111. Батчулуун Ч. Повышение надежности буровых станков совершенствованием системы технического обслуживания и ремонта (в условиях СП «Эрдэнэт»): дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2005. – 166 с.
112. Агафонов В.В., Сошников С.Д. Технико-экономическое обоснование решений и технологических схем в области извлечения угольных запасов из целиков различного функционального назначения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №10. – С. 203-206.
113. Анистратов Ю.И. Энергетическая теория расчета технологии открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1996. – №3. – С. 20-29.
114. Афанасьев А.И., Косенко Е.А., Суслов Д.Н. Рациональный режим работы резонансных вибротранспортных машин с линейным электромагнитным вибровозбудителем // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – №11. – С. 27-30.
115. Васильев М.В., Яковлев В.Л. Научные основы проектирования карьерного транспорта: монография / Ответственный редактор Н.В. Мельников; Академия наук СССР, Научный Совет по физико-техническим проблемам разработки полезных ископаемых. – Москва: Наука, 1972. – 208 с.
116. Виницкий К.Е. О путях развития открытой угледобычи в России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1997. – №4. – С. 63-68.

117. Исследования экскаваторов: Сборник статей / Под общ. ред. чл.-кор. Академии строительства и архитектуры СССР професс., д-ра техн. наук Н. Г. Домбровского. – М.: Углетехиздат, 1958. – 263 с.
118. Жабин А.Б., Поляков А.В., Аверин Е.А. Краткий анализ проблем и путей решения при обеспечении горнодобывающего предприятия современными техническими средствами ведения горных работ // Уголь. – 2018. – №1 (1102). – С. 13-16.
119. Захаров А.Ю., Воронов А.Ю. Алгоритм оперативной диспетчеризации карьерного автотранспорта // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – №5 (93). – С. 107-111.
120. Касьянов П.А., Алексеев Д.А. Условия эксплуатации и процессы нагружения механизмов горных машин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2006. – №2. – С. 92-97.
121. Клишин В.И., Ордин А.А., Федорин В.А. Обоснование оптимальной стратегии и оценки предельных объемов добычи угля открытым и подземным способами в Кузбассе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – №S2. – С. 188-195.
122. Кубачек В.Р., Куклин Л.Г. Основы надежности горных машин. Учебное пособие. – Свердловск: Издательство СГИ В.В. Вахрушева, 1982.– 78 с.
123. Подэрни Р.Ю., Бочаров Р.А., Холиков М.С. Влияние кинематических и силовых параметров приводов рабочего оборудования драглайна на его производительность // Уголь. – 2010. – №11 (1015). – С. 35-37.
124. Потапов М.Г. Направления развития карьерного транспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1996. – №1. – С. 104-108.
125. Рахутин Г.С. Вероятностные методы расчета надежности, профилактики и резерва горных машин / АН СССР; М-во угольной пром-сти СССР; Ин-т горного дела им. А. А. Скочинского. – М.: Наука, 1970. – 204 с.

126. Опыт и перспективы внедрения мощных карьерных гидравлических экскаваторов / Н.Н. Мельников, Б.И. Сатовский, Л.С. Скобелев и др. // Горный журнал. – 1979. – №6. – С. 48-51.

127. Солод Г.И., Радкевич Я.М. Параметры горных машин начала XXI века. Методы определения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1996. – №5. – С. 16-20.

128. Трифанов Г.Д., Муравский А.К. Разработка экскаваторной техники с активными режущими зубьями // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – №10. – С. 17.

129. Азев В.А. Методология комплексного планирования горного производства в условиях инновационного развития угледобывающего предприятия: дис. … д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2018. – 318 с.

130. Ремезов А.В. Повышение технического уровня и эффективности технологии выемки пологих пластов угля механизированными комплексами: дис. … д-ра техн. наук. – Кемерово, 1998. – 402 с.

131. Керопян А.М. Развитие теории взаимодействия и обоснование рациональных параметров системы колесо-рельс карьерных локомотивов в режиме тяги: дис. … д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2015. – 233 с.

132. Пальчевский А.Ю. Повышение эффективности добычи угля на базе рациональных сочетаний длинных и коротких очистных забоев: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2007. – 196 с.

133. Кёльш Х.Р. Обоснование силовых и режимных параметров копания и средств адаптации карьерных гидравлических экскаваторов к условиям Якутии: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2010. – 179 с.

134. Шарипов Р.Х. Изучение влияния скорости подъема ковша на долговечность рукояти экскаваторов с зубчато-реечным напором (на примере ЭКГ-5А): дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2011. – 131 с.

135. Долганов А.В. Повышение эффективности эксплуатации водоотливных установок медноколчеданных рудников: дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2012. – 160 с.

136. Слесарев Б.В. Обоснование параметров и разработка средств повышения эффективности эксплуатации карьерных гидравлических экскаваторов: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2005. – 230 с.
137. Маметьев Л.Е. Обоснование и разработка способов горизонтального бурения и оборудования бурошнековых машин: дис. … д-ра техн. наук. – Кемерово, 1992. – 200 с.
138. Воронов, Ю. Е. Методология проектирования станков вращательного бурения нового технического уровня для разрезов: дис. ... д-ра техн. наук. – Кемерово, 1996. – 377 с.
139. Поляков А.В. Разработка способов и средств повышения эффективности работы исполнительных органов проходческих комбайнов на базе гидроструйных технологий: дис. ... д-ра техн. наук. – Тула, 2014. – 328 с.
140. Радкевич Я.М. Методология прогнозирования параметров горных машин (на примере очистных комбайнов): дис. ... д-ра техн. наук. – Москва, 1993. – 214 с.
141. Алексеев О.Н. Повышение эффективности и безопасности подземной геотехнологии урановых месторождений на базе разработки научно-обоснованных требований на создание узкозахватной погрузочно-доставочной машины (на примере ОАО «ППГХО»): дис. ... к-та техн. наук. – Чита, 2011. – 161 с.
142. Тихонов А.В. Обоснование проектных решений по отработке запасов угольных целиков различного функционального назначения: дис. ... к-та техн. наук. – Москва, 2011. – 222 с.
143. Бексыргаев Т. Обоснование рациональной структуры и условий эффективного функционирования поточной технологии выемки крепких руд в длинных очистных забоях подземных рудников: дис. ... к-та техн. наук. – Алма-Ата, 1991. – 156 с.
144. Якимов А.А. Обоснование рациональной технологии открытой разработки месторождений комплексных железосодержащих руд (на примере

Чинейского месторождения титаномагнетитовых руд): дис. ... к-та техн. наук. – Чита, 2004. – 132 с.

145. Игнатов А.О. Обоснование режима добычных и вскрышных работ при освоении коренных месторождений алмазов с мощной толщей покрывающих пород: дис. ... к-та техн. наук. – Москва, 2009. – 130 с.

146. Шаповаленко Г.Н. Комплексное обоснование системы оперативного контроля рабочих процессов на угольных разрезах: дис. ... к-та техн. наук. – Москва, 2012. – 118 с.

147. Буткевич М.Н. Обеспечение работоспособности машин и оборудования на этапах жизненного цикла технологиями металлоплакирования: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2006. – 396 с.

148. Сайдаминов И.А. Обоснование и выбор параметров средств температурной адаптации гидрообъемных трансмиссий карьерного оборудования: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2003. – 319 с.

149. Аксенов В.В. Научные основы геовинчестерной технологии проведения горных выработок и создания винтоповоротных агрегатов: дис. … д-ра техн. наук. – Кемерово, 2004. – 306 с.

150. Буялич Г.Д. Экспериментально-теоретическая оценка и обоснование параметров механизированных крепей для сложных горно-геологических условий пологих угольных пластов: дис. … д-ра техн. наук. – Кемерово, 2004. – 501 с.

151. Исаков В.С. Принципы построения и синтез функциональных механизмов строительных, подъемно-транспортных и горных машин с напряженными замкнутыми кинематическими контурами: дис. … д-ра техн. наук. – Новочеркасск, 2006. – 425 с.

152. Павлов В.П. Методология автоматизированного проектирования рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов: дис. … д-ра техн. наук. – Омск, 2012. – 323 с.

153. Ананьев К.А. Создание исполнительного органа геохода для разрушения пород средней крепости: дис. … к-та техн. наук. – Кемерово, 2016. – 144 с.

154. Сабитов А.Э. Обоснование параметров перфоратора с ударной системой «поршень-боек-штанга» для бурения коротких шпуров с сухой продувкой: дис. … к-та техн. наук. – Санкт-Петербург, 2016. – 147 с.
155. Абдуазизов Н.А. Обоснование и выбор параметров системы «гидробак-охладитель» гидрообъемной силовой установки карьерного комбайна: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2008. – 141 с.
156. Ганицкий В.И. Научные основы организации производства на карьерах с техникой циклического действия: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 1974. – 363 с.
157. Гончаренко С.Н. Методология выбора оптимальной стратегии управления горнорудными предприятиями в структуре компании на различных этапах технологического цикла: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2008. – 276 с.
158. Астахов А.С., Краснянский Г.Л., Малышев Ю.Н., Яновский А.Б. Горная микроэкономика (экономика горного предприятия): Учебник для студентов горных специальностей высших учебных заведений. – Москва, 1997. – 279 с.
159. Артемьев В.Б. Технологические и организационные механизмы эффективного функционирования угольной компании при комплексном освоении месторождений: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2004. – 259 с.
160. Алексеенко В.Б. Совершенствование организационной структуры подразделений горного предприятия в условиях изменения спроса на продукцию: дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2020. – 202 с.
161. Соловьева О.В. Реорганизация процессов управления на кризисных предприятиях промышленности: дис. … к-та техн. наук. – Иркутск, 2005. – 183 с.
162. Титов С.В. Обоснование и выбор критериев оценки параметров угледобывающих комплексов с целью повышения эффективности их применения: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2006. – 129 с.
163. Байкин В.С. Мониторинг организации процесса эксплуатации горно-транспортного оборудования на угледобывающем предприятии: дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2020. – 143 с.

164. Ошаров А.В. Повышение технико-экономической эффективности производства угольного разреза на основе совершенствования его организационной структуры: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2018. – 127 с.
165. Килин А.Б. Методика формирования инновационной организационной структуры угледобывающего производственного объединения: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2010. – 124 с.
166. Кулецкий В.Н. Разработка комплекса решений по формированию угольного разреза нового технико-технологического уровня: дис. … к-та техн. наук. – Магнитогорск, 2013. – 159 с.
167. Швец С.М. Концептуальные основы формирования инновационно-инвестиционной политики в минерально-сырьевом комплексе: дис. … д-ра экон. наук. – Екатеринбург, 2011. – 453 с.
168. Оганесян А.С. Разработка научно-методической базы проектирования и обоснования стратегий развития угольных шахт с учетом неопределенности и рисков в функциональных средах: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2012. – 211 с.
169. Ломакина Н.В. Развитие минерально-сырьевого комплекса национальной специализации: на примере Дальнего Востока: дис. … д-ра экон. наук. – Хабаровск, 2006. – 230 с.
170. Майорова Н.Б. Управление инвестициями в горнодобывающей отрасли (на примере Магаданской области): дис. … к-та экон. наук. – Санкт-Петербург, 2007. – 170 с.
171. Лапин Д.Г. Формирование механизма управления рисками инвестиционных проектов разработки золоторудных месторождений: дис. … к-та экон. наук. – Москва, 2006. – 174 с.
172. Дьяченко Ю.К. Экономическая оценка природных ресурсов как фактор повышения инвестиционной привлекательности горнодобывающих отраслей: дис. … к-та экон. наук. – Владивосток, 2008. – 149 с.
173. Зоркин И.Е. Оценка эффективности проектов экологически рационального природопользования при комплексном освоении угольных месторождений: дис. … к-та техн. наук. – Тула, 2010. – 166 с.

174. Вайно А.Э. Организационно-экономический механизм инновационного развития горнопромышленного производства: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2013. – 168 с.

175. Борохович, А.И., Борохович Б.А. Пути повышения сроков службы деталей машин, взаимодействующих с абразивной средой. – Свердловск, 1982. – 44 с.

176. Комиссаров А.П. Моделирование рычажно-гидравлических механизмов и обоснование перспективных конструкций карьерных гидравлических экскаваторов: дис. … д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2004. – 214 с.

177. Ким Б.Г. Повышение готовности парков строительных машин путем совершенствования системы технической эксплуатации: дис. … д-ра техн. наук. – Владимир, 1996. – 364 с.

178. Ушаков Ю.Ю. Обоснование параметров системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов: дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2017. – 84 с.

179. Шибанов Д.А. Комплексная оценка факторов, определяющих на работу экскаваторов ЭКГ-18Р/20К, для планирования технического обслуживания и ремонтов: дис. … к-та техн. наук. – Санкт-Петербург, 2015. – 201 с.

180. Синяков А.А. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта карьерных экскаваторов типа механическая лопата в условиях северных регионов России (на примере разреза «Нерюнгринский» ОАО ХК «Якутуголь»): дис. … к-та техн. наук. – Люберцы, 2005. – 144 с.

181. Хазин М.Л. Обоснование и выбор конструктивно-технологических параметров электронной аппаратуры управления в горной промышленности: дис. … д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2000. – 412 с.

182. Галкин В.И. Методы расчета и оценка показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2000. – 421 с.

183. Сухарьков И.Н. Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2018. – 318 с.

184. Сергеев В.Ю. Обоснование и разработка технологии фирменного сервисного обслуживания карьерных экскаваторов: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2010. – 159 с.

185. Пашкин Л.Н. Повышение эффективности системы технического сервиса горного погрузочного оборудования в условиях ОАО «Апатит»: дис. … к-та техн. наук. – Санкт-Петербург, 2005. – 195 с.

186. Дорошев Ю.С. Развитие теории и комплексные методы повышения эффективности функционирования электрооборудования горных предприятий: дис. … д-ра техн. наук. – Владивосток, 2009. – 306 с.

187. Носенко В.В. Сервисное обеспечение эксплуатации шахтных погрузочных машин и проходческих комбайнов избирательного действия: дис. … к-та техн. наук. – Новочеркасск, 2010. – 220 с.

188. Иванов В.А. Обоснование инженерных решений по эффективной доработке жильных месторождений на основе теории риска: дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2004. – 196 с.

189. Колесников В.Н. Разработка организационно-технологического обеспечения ремонтного обслуживания на машиностроительных предприятиях Норильского промышленного района: дис. … к-та техн. наук. – Норильск, 2006. – 152 с.

190. Булес П. Обеспечение надежности работы карьерных гидравлических экскаваторов при их эксплуатации на открытых разработках России: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2016. – 163 с.

191. Корнилов С.Н. Формирование и развитие системы ремонта железнодорожного подвижного состава промышленных предприятий на основе логистических принципов: дис. … д-ра техн. наук. – Санкт-Петербург, 2004. – 267 с.

192. Ишков А.М. Эффективность эксплуатации горно-транспортной техники в условиях севера: дис. … д-ра техн. наук. – Новосибирск, 1992. – 198 с.
193. Глебов А.В. Методика оценки технического уровня карьерных автосамосвалов: дис. … к-та техн. наук. – Екатеринбург, 2001. – 136 с.
194. Деменкова Е.А. Повышение эффективности эксплуатации технологических машин на основе организации системы поддержки их работоспособного состояния: дис. … к-та техн. наук. – Москва, 2010. – 163 с.
195. Черных В.Г. Повышение эффективности системы технического обслуживания и ремонта шахтных погрузочных машин (на примере машины 2ПНБ 2 в условиях восточного Донбасса): дис. … к-та техн. наук. – Новочеркасск, 2005. – 185 с.
196. Олизаренко В.В. Основы эксплуатации горных машин и оборудования. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 188 с.
197. Романов А.А. Совершенствование методов и средств организации материально-технического снабжения системы ремонтов оборудования машиностроения: дис. … к-та техн. наук. – Норильск, 2004. – 194 с.
198. Рахмангулов А.Н. Методологические основы организации функционирования железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2013. – 373 с.
199. Шулятьева Л.И. Комплексное обоснование инновационных решений при проектировании высокопроизводительных угольных шахт: дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 2011. – 335 с.
200. Соин А.М. Исследование работы карьерных экскаваторов и разработка средств оценки изменения ресурса их деталей при модернизации: дис. … к-та техн. наук. – Владикавказ, 2012. – 134 с.
201. Сливной О.В. Методические подходы к оценке конкурентоспособности продукции (на примере машиностроительных предприятий Кемеровской области): дис. … к-та экон. наук. – Кемерово, 2007. – 158 с.

202. Полумисков М.Л. Формирование методики расчета показателей оценки деятельности золотодобывающего предприятия: дис. … к-та экон. наук. – Москва, 2009. – 120 с.
203. Лапун Д.П. Экономический механизм управления эффективным обслуживанием оборудования на горных предприятиях (на примере ОАО «ГМК «Норильский никель»): дис. … к-та экон. наук. – Норильск, 2009. – 157 с.
204. Захаров С.В. Разработка и исследование моделей эколого-экономического обоснования критериев выбора организационных и управленческих решений (на примере горнодобывающих предприятий): дис. … к-та экон. наук. – Шахты, 2005. – 173 с.
205. Погребной Д.А. Экономический механизм формирования структуры технологического комплекса угледобывающей компании: дис. … к-та экон. наук. – Москва, 2003. – 153 с.
206. Опыт создания организационно-технических условий для эффективной эксплуатации оборудования большой единичной мощности / А.Б. Килин, В.А. Азев, Г.Н. Шаповаленко и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №S62. – С. 146-152.
207. Развитие системы мониторинга условий и режимов эксплуатации, технологии и организации ремонтного обслуживания экскаваторов на разрезе «Черногорский» / А.И. Заяц, В.А. Беклемешев, В.С. Байкин и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №S39. – С. 201-208.
208. Декомпозиция целей и задач горного предприятия как средство совершенствования организационной структуры его подразделений / В.Б. Алексеенко, С.В. Корнилков, В.А. Хажиев и др. // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – №7. – С. 14-20.
209. Алексеенко В.Б., Корнилков С.В., Хажиев В.А. Показатели результативности совершенствования организационной структуры горного предприятия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – №4. – С. 41-47.

210. Голубин Е.А. Совершенствование структуры управления горнодобывающим предприятием: дис. … к-та. экон. наук. – Челябинск, 2005. – 130 с.

211. Совершенствование системы премирования персонала энерго-механической службы обогатительной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия» / А.Б. Килин, Н.Ш. Пастухова, В.В. Рыжов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №S5. – С. 90-99.

212. Значение сбалансированности экономических интересов работников в вопросах повышения производительности оборудования горнодобывающего предприятия / С.Ф. Зубарев, В.А. Хажиев, В.С. Байкин и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – №S49. – С. 16-22.

213. Азев В.А., Хажиев В.А. О балансе производительности и технической готовности оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №S34. – С. 66-73.

214. Довженок А.С., Лапаева О.А., Хажиев В.А. Оценка эффективности системы обеспечения работоспособности горного оборудования для принятия управленческих решений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – №5. – С. 300-304.

215. Слюньков В.Н., Андреева Л.И., Довженок А.С. Показатели функционирования системы обеспечения работоспособности горного оборудования // Уголь (специальный выпуск). – 2008. – С. 77-78.

216. Функционал работников системы обеспечения работоспособности горного оборудования / С.И. Садыков, В.В. Фомин, Р.В. Ершов и др. // Уголь. – 2016. – №1. – С. 40-41.

217. Квагинидзе В.С., Радкевич Я.М., Русихин В.И. Ремонтная технологичность металлоконструкций карьерных механических лопат на угольных разрезах Севера. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1997. – 224 с.

218. Угольников В.К., Гавришев С.Е., Угольников Н.В. Влияние гранулометрического состава горной массы на производительность экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №S7. – С. 70-77.

219. Саитов В.И., Андреева Л.И., Красникова Т.И. Влияние грансостава забоя на количество отказов механизма напора экскаватора цикличного действия // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №2. – С. 234-242.

220. Исследование влияния гранулометрического состава отгружаемой скальной породы на техническое состояние экскаваторов рудоуправления ПАО «Ураласбест» / В.Б. Алексеенко, В.А. Хажиев, В.С. Байкин и др. // X Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений»: сборник докладов / Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2021. – С. 120-126.

221. Ковязин Р.А., Лагунова Ю.А. Опасные нагрузки на гидравлические карьерные экскаваторы при работе с негабаритами // Уральская горная школа – регионам: сборник докладов международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2016. – С. 189-190.

222. Шивырялкина О.С. Профессионализм руководителя производственного подразделения предприятия как фактор эффективности и безопасности труда: на примере угледобывающей отрасли: дис. … к-та экон. наук. – Челябинск, 2013. – 137 с.

223. Хажиев В.А. Оценка влияния эксплуатационных факторов на эффективность использования экскаваторов-мехлопат на угольных разрезах // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – №6. – С. 21-26.

224. Оценка показателей работоспособности карьерных экскаваторов в реальных условиях эксплуатации / Д.А. Шибанов, С.Л. Иванов, А.А. Емельянов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – №10. – С. – 86-94.

225. Зубарев С.Ф. Повышение эффективности производства посредством увязки величины фонда оплаты труда ремонтников горного оборудования с результатами их труда / С.Ф. Зубарев, В.А. Хажиев // Открытые горные работы в XXI веке: результаты, проблемы и перспективы развития-2. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 38 (отдельный выпуск) – С. 286-291.

226. Подход к вовлечению ремонтного персонала в процесс повышения эффективности обеспечения работоспособности оборудования / А.Б. Килин, А.С. Костарев, Г.Н. Шаповаленко и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №S64. – С. 71-81.

227. Баскаков В.П. Методика снижения риска травм и аварий на угольных шахтах путем стандартизации производственного процесса: дис. … к-та. техн. наук. – Москва, 2009. – 147 с.

228. Рябков Н.В, Довженок А.С., Хажиев В.А. Влияние регламентации ремонтных процессов на аварийность подземного рельсового транспорта на угольной шахте // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – №5. – С. 47-48.

229. Кольга А.Д., Хажиев В.А. Пооперационное планирование ремонтов горного оборудования // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – №3. – С. 5-7.

230. Кольга А.Д., Хажиев В.А. Анализ эффективности функционирования службы ремонта горного оборудования на разрезе «Сибиргинский» // Молодежь. Наука. Будущее: сб. науч. тр. студентов. – №6. – 2006. – С. 328-331.

231. Методика оценки использования технологических возможностей экскаваторов / А.Л. Жуков, С.И. Захаров, Л.Л. Царегородцев и др. // Проблемы управления развитием регионов и муниципалитетов: матер. науч.-практ. конф., г. Челябинск, 8 дек. 2006 г. / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск: Энциклопедия, 2007. – С. 145-151.

232. Мельник В.В., Сухарьков И.Н., Хажиев В.А. Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования // Уголь. – 2019. – №6. – С. 10-15.
233. Повышение результативности решений по развитию производственных процессов предприятий угледобывающего производственного объединения / В.А. Азев, В.А. Хажиев, Д.С. Сенаторов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – №S49. – С. 10-15.
234. О структуре функционала главного механика угледобывающего предприятия / В.А. Беклемешев, Е.М. Вьюнов, А.Н. Кравец и др. // Уголь. – 2015. – №1. – С. 58-60.
235. Оценка качества расследования и устранения причин отказов оборудования / Е.А. Вакулин, А.И. Заяц, В.А. Беклемешев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №S64. – С. 116-126.
236. Методика расчета резерва рабочего времени персонала угледобывающего предприятия для его развития / В.А. Галкин, А.М. Макаров, С.И. Захаров и др. // Известия Уральского государственного горного университета. – 2019. – №2. – С. 134-145.
237. Оценка резервов повышения уровня организации работы автосамосвалов БелАЗ на разрезе «Черногорский» / Г.Н. Шаповаленко, С.Ф. Зубарев, В.А. Хажиев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №S62. – С. 153-159.
238. Организация работы мощных экскаваторно-автомобильных комплексов на угольных разрезах Кузбасса: монография / А.В. Федоров, В.С. Шахраюк, В.М. Янцижин и др. – М: Горная книга, 2010.– 42 с.
239. Федоров А.В., Самарин С.В., Кулецкий В.Н. Организация работы энергомеханических служб на предприятиях Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №12. – 27 с.

240. Оценка возможности повышения уровня работоспособности экскаваторов-мехлопат в ООО «Восточно-Бейский разрез» / В.Л. Козьмин, В.В. Кузеванов, И.В. Марьясов и др. // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ», 2012. – С. 366-370.

241. Нетес В.А. Коэффициент сохранения эффективности и его стандартизация // Надежность. – 2021. – №21(2). – С. 3-8.

242. ГОСТ 27.003–2016. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности // URL: https://docs.cntd.ru/document/1200144951 (Дата обращения 15.03.2023).

243. Хажиев В.А., Байкин В.С. К вопросу оценки совокупной стоимости владения горным оборудованием // Горнодобывающая промышленность в 21 веке: вызовы и реальность: Сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию института «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА». – Мирный, 2021. – С. 48-49.

244. Об организации производства и труда на предприятиях Германии / А.В. Фомин, Д.Е. Горев, В.Ю. Натейкин и др. // Уголь. – 2016. – №5. – С. 86-89.

245. Руководитель и программа его деятельности / А.М. Макаров, И.Л. Кравчук, Т.А. Коркина и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №S37.– С. 327-334.

246. Концепция развития системы обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования угледобывающего объединения на примере ООО «СУЭК-Хакасия» / В.А. Азев, Г.Н. Шаповаленко, Л.И. Андреева, В.А. Хажиев // Открытые горные работы в XXI веке-2. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 45 (отдельный выпуск №2). – С. 97-112.

247. Хажиев В.А. Концепция развития системы эксплуатации технологического комплекса горнодобывающего предприятия // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №2. – С. 3-13.

248. Хажиев В.А. Совершенствование ремонтного обслуживания экскаваторно-автомобильных комплексов горных предприятий в условиях глобальных вызовов недропользования // Комбинированная геотехнология: риски и глобальные вызовы при освоении и сохранении недр: Труды Международной научно-технической конференции / Под ред. В.Н. Калмыкова, М.В. Рыльниковой. – Магнитогорск, 2021. – С. 192-195.

249. Азев В.А. Комплексное планирование развития системы обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования / В.А. Азев, В.А. Хажиев // Открытые горные работы в XXI веке: результаты, проблемы и перспективы развития-2. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 38 (отдельный выпуск). – С. 269-279.

250. Хажиев В.А. Оценка результативности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2022. – №3 (151). – С. 64-74.

251. Система стимулирования инженерно-технических работников горных участков / А.В. Федоров, С.В. Самарин, О.В. Молодцова и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №4-16. – С. 4-35.

252. Стимулирование персонала к повышению эксплуатационной надежности горного оборудования / А.И. Кукаренко, С.Т. Грибанов, И.И. Емец и др. // Комплексное освоение месторождений полезных ископаемых: Сб. научных трудов. – Магнитогорск, 2012. – С. 23-31.

253. Росляков С.В. О развитии системы обеспечения работоспособности экскаваторов / С.В. Росляков, В.Б. Алексеенко, Е.Н. Соков, В.А. Хакимьянов, В.А. Хажиев // Открытые горные работы в XXI веке: результаты, проблемы и перспективы развития-2. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 38 (отдельный выпуск) – С. 421-425.

254. Азев В.А., Арикулов В.И., Хажиев В.А. О подходе к повышению качества информированности персонала // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №S39. – С. 157-165.
255. О развитии взаимодействия персонала системы ремонтного обслуживания и эксплуатации оборудования / А.С. Костарев, Г.Н. Шаповаленко, И.Н. Сухарьков и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №S39. – С. 243-249.
256. Развитие системы информирования персонала о причинах и последствиях отказов оборудования / В.А. Азев, И.Н. Сухарьков, В.И. Арикулов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №S64. – С. 49-55.
257. Планирование ремонтов на основе расчета вероятности безотказной работы узлов горного оборудования / В.Л. Козьмин, И.И. Емец, В.В. Кузеванов и др. // Добыча, обработка и применение природного камня: сборник научных трудов. Вып. 12. – Магнитогорск, 2012. – С. 74-76.
258. Фукс С.Г., Марьясов И.В., Хажиев В.А. О резервах повышения эффективности использования рабочего времени операционного персонала // Сборник научных трудов VIII региональной научно-практической конференции «Проблемы управления социально- экономическими системами в условиях инновационного развития». Часть II / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск: Энциклопедия, 2014. – 424 с.
259. Конкурентоспособность технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования / В.В. Мельник, И.Н. Сухарьков, В.А. Хажиев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №6 (специальный выпуск 35). – 36 с.
260. Развитие функционала работников энерго-механической службы разреза «Черногорский» / Г.Н. Шаповаленко, А.И. Заяц, И.Ф. Кондауров и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №S39. – С. 149-156.

261. Шаповаленко Г.Н., Радионов С.Н., Хажиев В.А. Организация опережающего типа контроля в процессе обеспечения работоспособности оборудования на разрезе «Черногорский» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №5. – С. 306-312.

262. Влияние системы оплаты труда ремонтного персонала на результаты его работы / А.С. Костарев, С.Ф. Зубарев, Е.И. Гницак и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №S64. – С. 82-88.

263. О механизме регулирования трудовых отношений на предприятии / С.Л. Евдокимов, Д.О. Морозов, И.В. Розин и др. // Управление персоналом. – 2005. – №17. – С.57-59.

264. Хажиев В.А. Методический подход к оценке эффективности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горного предприятия // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №2. – С. 14-21.

265. Хажиев В.А., Байкин В.С. Мониторинг организации процесса эксплуатации горно-транспортного оборудования на горнодобывающем предприятии // Комбинированная геотехнология: риски и глобальные вызовы при освоении и сохранении недр: Труды Международной научно-технической конференции / Под ред. В.Н. Калмыкова, М.В. Рыльниковой. – Магнитогорск, 2021. – С. 126-127.

266. Результаты мониторинга организации процесса эксплуатации карьерных автосамосвалов на разрезе «Черногорский» / А.С. Довженок, В.Б. Алексеенко, В.А. Хажиев и др. // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – №7. – С. 21-26.

267. Дьяконов А.В., Емец И.И., Хажиев В.А. Совершенствование функционала начальника участка как фактор повышения производительности угледобывающего оборудования // Вестник Челябинского государственного университета. 2013. – №8. – С. 76-80.

268. О сотрудничестве угледобывающего предприятия и ВУЗа по совершенствованию производственных процессов / Ю.С. Дорошев, А.В.

Дьяконов, Е.Е. Соболева и др. // Журнал ассоциации инженерного образования России «Инженерное образование». – 2016. – №18. – С.127-137.

269. Хажиев В.А. Обоснование рациональной производительности экскаваторов-мехлопат в различных условиях эксплуатации на угледобывающих предприятиях: дис. … к-та. техн. наук. – Екатеринбург, 2010. – 115 с.

270. О подходе к повышению эффективности производственных процессов рудоуправления ОАО «Ураласбест» / С.В. Росляков, В.Б. Алексеенко, Е.Н. Соков и др. // Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа – регионам». – Екатеринбург, 2017. – 416-417 с.

271. Довженок А.С., Захаров С.И., Хажиев В.А. Зависимость стоимости технического обслуживания и ремонта горного оборудования от уровня организационно-технологического обеспечения // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ», 2008. – С. 367-370.

272. Роль организации производства при техническом перевооружении / А.И. Кукаренко, В.В. Ломовцев, А.В. Дьяконов и др. // Уголь. – 2011. – №6. – С. 70-72.

273. Опыт внедрения электрогидравлического экскаватора Hitachi EX-2500 на разрезе «Павловский №2» РУ «Новошахтинское» ОАО «Приморскуголь» / А.И. Кукаренко, А.В. Дьяконов, И.И. Емец и др. // Уголь. – 2012. – №5. – С. 46-47.

274. Кукаренко А.И., Ломовцев В.В., Дьяконов А.В. Основные результаты повышения эффективности производственных процессов в разрезоуправлении «Новошахтинское» ОАО «Приморскуголь» за 2010 год // Уголь. – 2011. – №4. – С. 58-60.

275. Дьяконов А.В., Емец И.И., Хажиев В.А. Повышение эксплуатационной надежности горного оборудования в условиях роста его производительности // Уголь. – 2011. – №3. – С. 52-54.

276. Ушаков Ю.Ю., Хажиев В.А. Влияние технологических условий экскаваторов-мехлопат на межремонтный период и объем ремонтных

воздействий // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ», 2010. – С. 341-345.

277. Совершенствование системы контроля технического состояния оборудования обогатительной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия» / И.В. Пивоваров, А.Н. Жоголев, И.В. Марьясов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №S5. – С. 178-188.

278. Расчет вероятности отказа оборудования обогатительной фабрики / И.В. Пивоваров, А.А. Лахин, И.В. Марьясов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №11. – С. 124-134.

279. Подход к совершенствованию организации и оплаты труда при ремонте оборудования обогатительной фабрики / И.В. Пивоваров, А.А. Лахин, В.В. Воронин и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №11. – С. 244-253.

280. Попов Д.В. Совершенствование контроля энерго-механической службы за условиями и режимами эксплуатации экскаваторов в ООО «Восточно-Бейский разрез» / Д.В. Попов, В.А. Беклемешев, В.А. Хажиев // Открытые горные работы в XXI веке-2: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 45 (отдельный выпуск №2). – С. 113-121.

281. Совершенствование производства в ОАО «Черногорский ремонтно-механический завод» / В.А. Азев, И.Н. Сухарьков, С.Г. Фукс и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №5. – С. 142-152.

282. Мониторинг и совершенствование организации ремонтного обслуживания карьерных автосамосвалов БелАЗ-7513 и БелАЗ-75306 на разрезе «Черногорский» / В.А. Хажиев, В.С. Байкин, В.А. Хакимьянов и др. //

Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2020. – №1. – С. 25-31.

283. Совершенствование процесса учета отказов и ремонтов автосамосвалов БелАЗ / И.Н. Сухарьков, Е.А. Вакулин, В.А. Ивашкевич и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №S34. – С. 183-192.

284. Развитие ремонтного обслуживания и эксплуатации автосамосвалов БелАЗ на разрезе «Черногорский» / А.Б. Килин, В.А. Азев, Г.Н. Шаповаленко и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №S34. – С. 129-137.

285. Повышение производительного времени работы автосамосвалов БелАЗ на основе изменения положения об оплате труда водителей этих машин / А.Б. Килин, Н.Ш. Пастухова, С.Ф. Зубарев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №S34. – С. 221-225.

286. Совершенствование организации труда механиков на разрезе «Черногорский» / Г.Н. Шаповаленко, С.Н. Радионов, И.Ф. Кондауров и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №11. – С. 269-275.

287. Обоснование положения об оплате труда работников по ремонту автосамосвалов БелАЗ АО «Черногорский ремонтно-механический завод» / Н.Ш. Пастухова, И.Н. Сухарьков, И.В. Марьясов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №11. – С. 276-287.

288. Организационные и технологические решения по повышению эффективности вскрышного комплекса разреза «Черногорский» / Г.Н. Шаповаленко, С.Н. Радионов, В.В. Горбунов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №S64. – С. 36-48.

289. Совершенствование системы эксплуатации и ремонта горно-шахтного оборудования / Е.С. Булгаков, С.А. Вормсбехер, В.Н. Дьячук и др. // Уголь. – 2016. – №2. – С. 83-84.

290. Связь мотивации персонала и результативности преобразований на угольной шахте на примере подземного рельсового транспорта / Н.В. Рябков, А.С. Довженок, С.И. Захаров, В.А. Хажиев // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – №2. – С. 34-36.

291. Использование баланса рабочего времени персонала предприятия для повышения уровня работоспособности горного оборудования на примере ШУ «Восточное» / А.В. Можаев, С.Е. Кравчук, Ю.Ю. Ушаков и др. // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ», 2011. – С. 64-73.

292. Добровольский А.И., Золотарев Н.П. Организационная подготовка безопасной и высокопроизводительной работы персонала в ОАО «Ургалуголь» //Уголь. – 2011. – №10. – С. 55-58.

293. Эффективность и безопасность производства с точки зрения экономики: противоречие или единство?: Отд. выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) / В.Б. Артемьев, А.И. Добровольский, А.А. Сальников и др. – М.: Изд-во «Горная книга», 2010. – 32 с. – (Сер. «Б-ка горного инженера-руководителя». Вып. 9).

294. О системе непрерывных улучшений производственных процессов в ООО «СУЭК-Хакасия» / А.Б. Килин, В.А. Азев, А.Н. Кузнецов, Д.С. Сенаторов, В.А. Хажиев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №10 (специальный выпуск 29). – 12 с.

295. Азев В.А., Гартман А.А., Хажиев В.А. Подход к повышению результативности развития горного предприятия // Уголь. – 2021. – №11. – С. 27-32.

296. Лагунова Ю.А., Макарова В.В., Набиуллин Р.Ш. Анализ методов диагностирования состояния металлоконструкций на примере экскаваторостроения // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №6 (164). – С. 17-25.

297. Заяц А.И., Горбенко А.С., Хажиев В.А. Расчёт рисков отказа узлов и механизмов экскаватора типа драглайн на разрезе «Черногорский» // Горный

информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №S39. – С. 61-67.
298. Коркина Т.А. Управление инвестициями в человеческий капитал угледобывающих предприятий: дис. … д-ра экон. наук. – Челябинск, 2010. – 364 с.
299. Кох П.И. Климат и надежность машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 175с.
300. Кольга А.Д. Развитие теории и методов создания горных транспортно-технологических машин с регулируемыми параметрами движителя: дис. … д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2004. – 250 с.
301. Артемьев В.Б., Дьяконов А.В. Развитие функционала начальника участка на угольном разрезе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – №6. – С. 240-246.
302. Оценка влияния системы эксплуатации оборудования технологического комплекса на надежность производственного цикла горнодобывающего предприятия / А.А. Хорешок, В.А. Хажиев // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №16. – С. 117-126.
303. О технологических параметрах открытой угледобычи пологопадающих месторождений при роботизации автомобильного транспорта / В.А. Азев, А.А. Гартман, В.А. Хажиев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2022. – Т. 20. – №2. – С. 5–12.
304. Развитие системы учета результатов экономической деятельности производственных подразделений на угольном разрезе / Д.В. Попов, Е.В. Тихонова, В.С. Алексенко, С.И. Захаров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №S62. – С. 238-243.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Результаты оценки уровня согласованности взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования методом расчета конкордации на разрезе «Тугнуйский» АО «СУЭК»

На разрезе «Тугнуйский» в рамках работы по оценке уровня согласованности взаимодействия работников подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования было сформировано 2 группы общим составом 80 человек. С каждой группой проводилось анкетирование по форме, представленной на рисунке А.1 с целью определения уровня сходимости мнений персонала подсистем организации работы оборудования и его ремонтного обслуживания относительно факторов, существенно снижающих, по их мнению, эффективность производства. Обработка анкет участников позволила выделить среди них обобщенные мнения персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания, а также мнения начальников/заместителей и мастеров/механиков. Оценка сходимости мнений W участников осуществлялась по следующей формуле:

$$W = \left(S_{12}/max(S_1, S_2)\right) \cdot \left(1 - \left(\sum_{i=1}^{n} |x_i - y_i|\right)/\left(n \cdot (k - m)\right)\right), \quad \text{(A.1)}$$

где S_{12} – количество совпадающих факторов, влияющих на эффективность производства, выбранных 1-м и 2-м субъектом; S_1 – количество факторов, выбранных 1-м участником (группой участников); S_2 – количество факторов, выбранных 2-м участником (группой участников); x_i – количество баллов, отражающих важность i-го фактора по оценке 1-го участника (группы участников); y_i – количество баллов, отражающих важность i-го фактора по оценке 2-го участника (группы участников); n – общее количество факторов, выбранных обоими участниками (группами участников); k – максимально задаваемое значение баллов; m – минимально задаваемое значение баллов.

Уважаемый коллега!

Выберите, пожалуйста, 5 самых значимых факторов, **снижающих,** по Вашему мнению, **эффективность производства** и расставьте им баллы от 5 до 1 по убыванию важности (5 – самый важный, 1 – самый неважный из значимых факторов).

Фактор	Балл
1. Неудовлетворительный уровень заработной платы	5
2. Неэффективная система оплаты труда	
3. Недостаточная заинтересованность персонала в развитии своего предприятия	
4. Физический износ оборудования	
5. Нарушение технологии производства	
6. «Размытые» наряд-задания	4
7. «Размытые» должностные инструкции	
8. Недостаточное соблюдение должностных инструкций	
9. Неудовлетворительное качество взаимодействия между производственными этапами	
10. Неудовлетворительное качество взаимодействия между службами, занятыми эксплуатацией и ремонтом оборудования	
11. Халатное отношение операторов к оборудованию и его эксплуатация с пиковыми нагрузками	
12. Неэффективная стратегия ТОиР	
13. Неэффективная система учета и анализа результатов эксплуатации и ремонта оборудования	
14. Недостаточный оборотный фонд запасных частей	
15. Плохое снабжение материалами и запасными частями	
16. Недостаточность средств и приборов для диагностики оборудования	3
17. Отсутствие технологических карт на ремонт оборудования	
18. Низкая квалификация ИТР	
19. Низкая квалификация операционных работников	
20. Низкая ответственность ИТР	
21. Низкая ответственность операционных работников	2
22. Искажение производственной информации	
23. Отсутствие единой цели у ИТР	
24. Недостаточная численность персонала	1
25. Избыточная численность персонала	
26. Неправильная расстановка кадров	
27. Низкая результативность аутсорсинговых фирм	
28.	
29.	
30.	
31.	
32.	

Рисунок А.1 – Анкета для оценки сходимости мнений персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования

В результате произведенного расчета и обобщения оценок участников групп было установлено, что в среднем уровень сходимости мнений между представителями служб организации работы и ремонтного обслуживания оборудования составляет 0,65 (т.е. в среднем в 65% процентах случаев участники групп определяют одинаковые факторы с присвоением им соизмеримой важности, с которыми по их мнению нужно работать в первую очередь), а между заместителями/начальниками и механиками/мастерами – 0,54 (рисунок А.2). На основании полученных результатов был сделан вывод, что у линейных руководителей АО «Разрез Тугнуйский» имеется существенный потенциал для формирования результативных рабочих групп, деятельность которых будет направлена на выработку и реализацию решений

по повышению эффективности эксплуатации системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

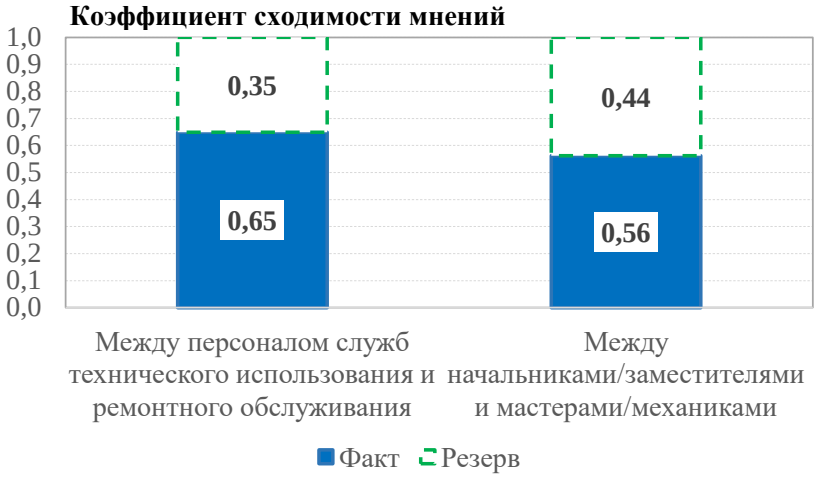


Рисунок А.2 – Результаты оценки уровня сходимости мнений персонала подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования разреза «Тугнуйский»

Важное значение имеет определение актуальности определяемых линейными руководителями факторов для развития производственных процессов предприятия. По результатам проведенного ранжирования баллов участников было определено, что большая часть оценок начальников/заместителей пришлась на факторы «Неэффективная система оплаты труда» (11,0%), «Халатное отношение операторов к оборудованию и его эксплуатация с пиковыми нагрузками» (10,1%), «Неудовлетворительное качество взаимодействия между службами, занятыми эксплуатацией и ремонтом оборудования» (9,7%) и «Недостаточная заинтересованность персонала в развитии своего предприятия» (9,3%). Тогда как мастера/механики в первую очередь выделяют факторы «Неудовлетворительный уровень заработной платы» (12,8%), «Халатное отношение операторов к оборудованию и его эксплуатация с пиковыми нагрузками» (10,9%), «Недостаточная численность персонала» (10,6%) и «Недостаточная заинтересованность персонала в развитии своего предприятия» (8,7%). Следует отметить, что по мнению всех анкетируемых самыми релевантными факторами (менее 5% оценок) являются факторы, связанные с квалификацией и ответственностью ИТР, отсутствием у них единой цели и качеством выдаваемых ими наряд-заданий (рисунок А.3).

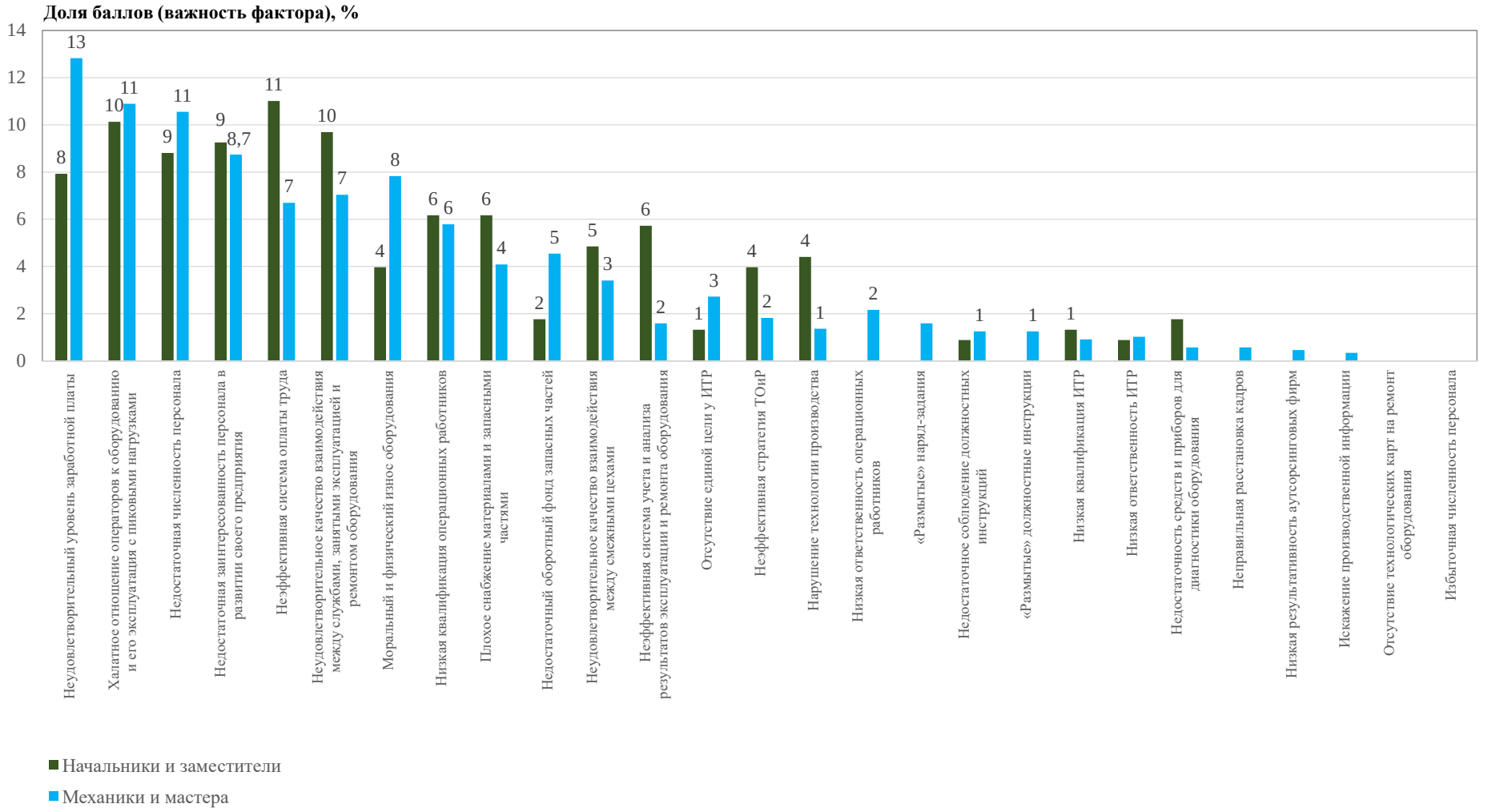


Рисунок А.3 – Результаты оценки коэффициента сходимости мнений между начальниками/заместителями и мастерами/механиками

Распределение оценок участников в зависимости от их принадлежности к подсистеме организации работы или ремонтного обслуживания позволило выявить, что по мнению сотрудников подсистемы организации работы оборудования АО «Разрез Тугнуйский» ключевыми факторами, снижающими эффективность системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, являются «Неудовлетворительный уровень заработной платы» (12,4%), «Недостаточная численность персонала» (11,5%), «Халатное отношение операторов к оборудованию и его эксплуатация с пиковыми нагрузками» (10,2%) и «Недостаточная заинтересованность персонала в развитии своего предприятия» (9,6%). Сотрудники служб ремонтного обслуживания оборудования в качестве ключевых факторов отметили «Халатное отношение операторов к оборудованию и его эксплуатация с пиковыми нагрузками» (11,4%), «Неудовлетворительный уровень заработной платы» (11,2%), «Неудовлетворительное качество взаимодействия между службами, занятыми эксплуатацией и ремонтом оборудования» (9,3%) и «Недостаточная численность персонала» (8,7%). По результатам проведенного сравнения был сделан вывод, что по мнению службы эксплуатации ключевыми факторами, влияющими на эффективность производства на предприятии, являются численность персонала и уровень заработной платы, тогда как по мнению представителей службы ремонта в первую очередь стоит заниматься не только численностью персонала, но также и обеспечением рациональных рабочей среды и режимов эксплуатации оборудования и квалификацией их водителей/операторов (рисунок А.4). Таким образом при формировании рабочих групп для реализации проектов, направленных на развитие производственных процессов АО «Разрез Тугнуйский», важным является выявление наиболее совпадающих в понимании производственных проблем участников, либо проработка с участниками меры влияния каждого фактора на результативность их труда и предприятия в целом.

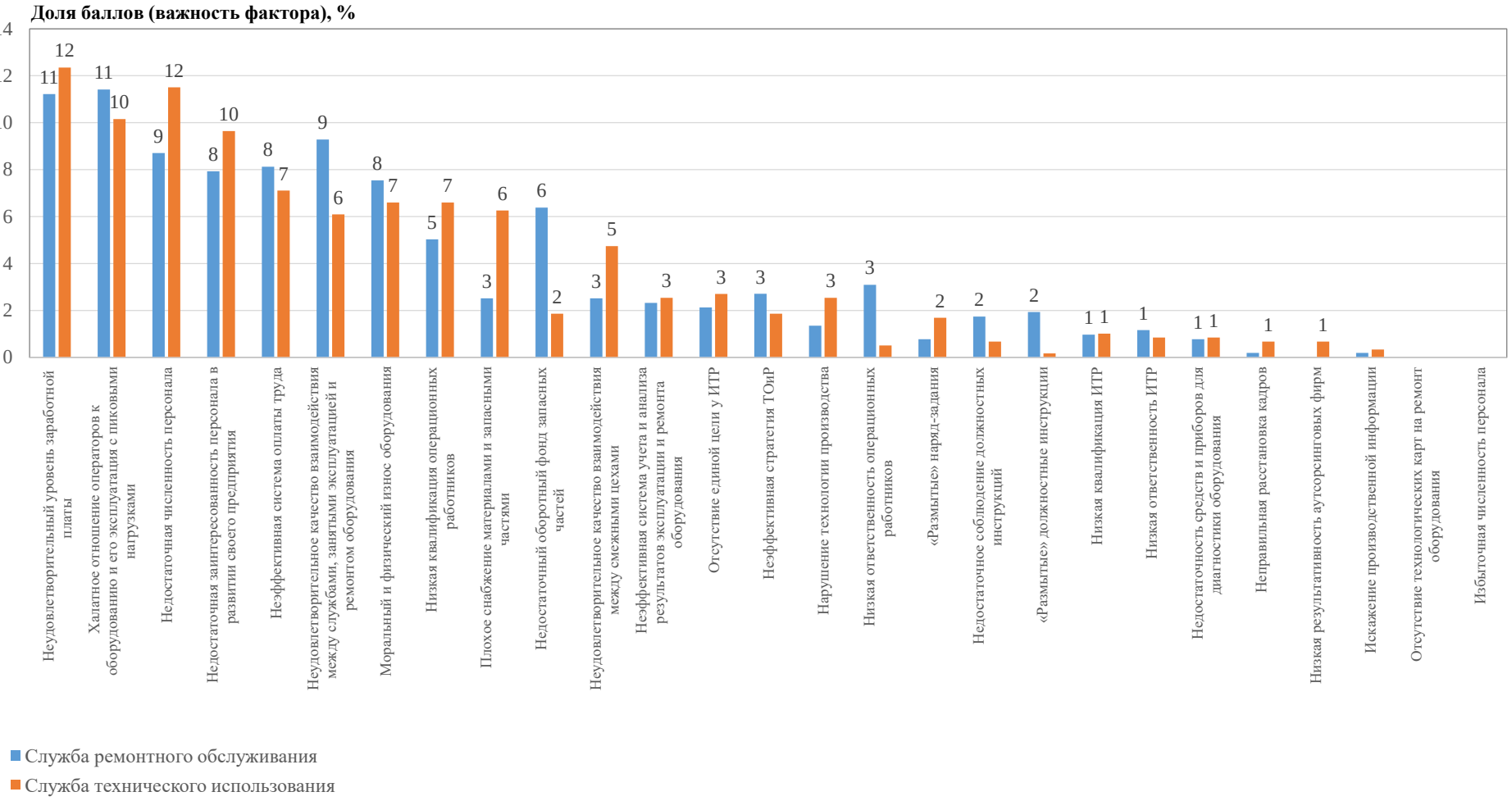


Рисунок А.4 – Результаты оценки коэффициента сходимости мнений
между персоналом подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования

Также наряду с оценкой общего уровня сходимости мнений между всеми присутствующими представителями подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования, была проведена оценка данного показателя между представителями этих служб по участкам, цехам и производственным отделам АО «Разрез Тугнуйский». В результате было установлено, что максимальный фактический коэффициент сходимости мнений среди представленных участков, цехов, служб и производственных отделов предприятия не превышает 0,28 (при максимально возможном его значении равном 1,0), а минимальное его значение составило 0,06 (рисунок А.5).

Рисунок А.5 – Оценка сходимости мнений между персоналом подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования по участкам, цехам и производственным отделам предприятия

Установленные соотношения позволили сделать вывод, что взаимоотношения между персоналом подсистем организации работы и ремонтного обслуживания оборудования в 80% случаев характеризуются как конфликтно-компромиссные.

Приложение Б

Положение об информировании между производственными единицами ООО «СУЭК-Хакасия»

Настоящее Положение определяет действия должностных лиц структурных подразделений ООО «СУЭК-Хакасия» (далее Общество) по оперативному направлению и распространению информации о возникновении отказов и неисправностей оборудования, способных негативно отразиться на производственной деятельности и финансовой устойчивости Общества, а также информации о передовом опыте по обеспечению работоспособности оборудования.

Целью данного Положения является предупреждение возникновения часто повторяющихся отказов и неисправностей оборудования, посредством создания единой системы информирования между производственными единицами Общества и дочерними зависимыми обществами (далее ДЗО). Такой подход позволит без привлечения дополнительных финансовых средств повысить безопасность и эффективность производства.

Общая схема процесса обмена информацией об отказах и неисправностях представлена на рисунке Б.1.

1. Термины, определения, обозначения и сокращения

Общество – ООО «СУЭК-Хакасия».

Дочерние зависимые общества – ООО «Восточно-Бейский разрез», АО разрез «Изыхский».

Отказ – нарушение работоспособности объекта, при котором система или элемент перестает выполнять целиком или частично свои функции.

Неисправность – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и проектной документации.

ГТО – горно-транспортное оборудование.

2. Критерии информации. Задачи информирования и порядок распространения информации

2.1. К информации, которая должна оперативно направляться до руководителей и персонала Общества, относятся:

а) отказы горнотранспортного оборудования (далее ГТО), характеризующиеся значительной тяжестью последствий (большим экономическим ущербом) и/или высокой частотой возникновения, обусловленные влиянием человеческого фактора и/или некачественными материально-техническими ресурсами (далее МТР);

б) неисправности, развитие которых способно привести к отказам, характеризующимися значительной тяжестью последствий и/или высокой частотой возникновения;

в) практические методики и решения, реализация которых на предприятиях Общества обеспечила повышение безопасности и эффективности производства.

2.2. Главный механик получает информацию от специалистов и руководителей подразделений ООО «СУЭК» в Хакасии. Руководители структурных подразделений направляют информацию о фактическом состоянии (простой, работа и т.д.) ГТО главному механику ежесуточно.

2.3. На основании информации, полученной в соответствии с пунктом 3.2. настоящего Положения, главный механик АО организовывает и обеспечивает информировании лиц, задействованных в производственных процессах (главные механики и руководители производственных служб) о причинах и мероприятиях необходимых для недопущения/предупреждения возникновения прецедентов, путем еженедельного заполнения и направления информационных листов.

3. Основные принципы

Основными принципами реагирования Общества на отказы и неисправности, оказывающие либо способные оказать негативное влияние на эффективную деятельность Общества, являются:

- выявление на ранних стадиях и оперативное информирование о наличии неисправностей;

- своевременное и адекватное реагирование всех ответственных лиц на отказы и неисправности;

- обеспечение информирования должностных лиц Общества для последующего распространения информации между производственными единицами ООО «СУЭК» в Хакасии в течении 3-5 рабочих дней после возникновения отказа или обнаружения неисправности.

Основными задачами системы информирования являются:

- Передача положительного и отрицательного опыта по отказам оборудования с целью недопущения в будущем повторения этих происшествий на предприятиях Общества.

- Информация обо всех отказах оборудования и результатах расследования обязательно должна быть задокументирована и сохранена для формирования базы статистических данных.

- Передаваемая информация не должна содержать неподтвержденных фактов; интерпретация выявленных обстоятельств должна основываться только на фактах, выявленных в процессе расследования; если упоминаются события и условия, не являющиеся прямыми предпосылками к рассматриваемому происшествию, это необходимо четко обозначить; если упоминаются события и условия, не являющиеся критичными с точки зрения расследуемого происшествия, это необходимо четко обозначить.

4. Общие положения

4.1. Определяемые настоящим Положением действия осуществляются в соответствии с законодательством Российской Федерации, Уставом

Общества, нормативными документами Общества в области обеспечения промышленной безопасности и охраны труда.

4.2. В Обществе ведется регистрация и учет всех отказов и неисправностей.

4.3. В зависимости от типа отказа или неисправности необходимо определить целевую аудиторию, до которых информация должна быть доведена.

4.4. Водители и слесари должны проинформировать своего руководителя производства о наступлении отказа или обнаружении неисправности.

4.5. Руководитель производства является ответственным за информирование на предприятии.

4.6. После получения информации начальник смены в зависимости от вида происшествия информирует и организует взаимодействие заинтересованных сторон в соответствии с утвержденной Схемой оповещения.

4.7. Начальник смены распространяет оперативную информацию о происшествиях в службу главного механика РПО.

4.8. Информация передается заинтересованным лицам согласно списку рассылки.

4.9. Распространение информации об отказах и неисправностях до ключевого персонала осуществляется службой главного механика РПО по внутренним каналам связи.

4.10. Сокрытие факта происшествия может повлечь за собой применение дисциплинарного воздействия вплоть до увольнения работника по решению руководства Общества.

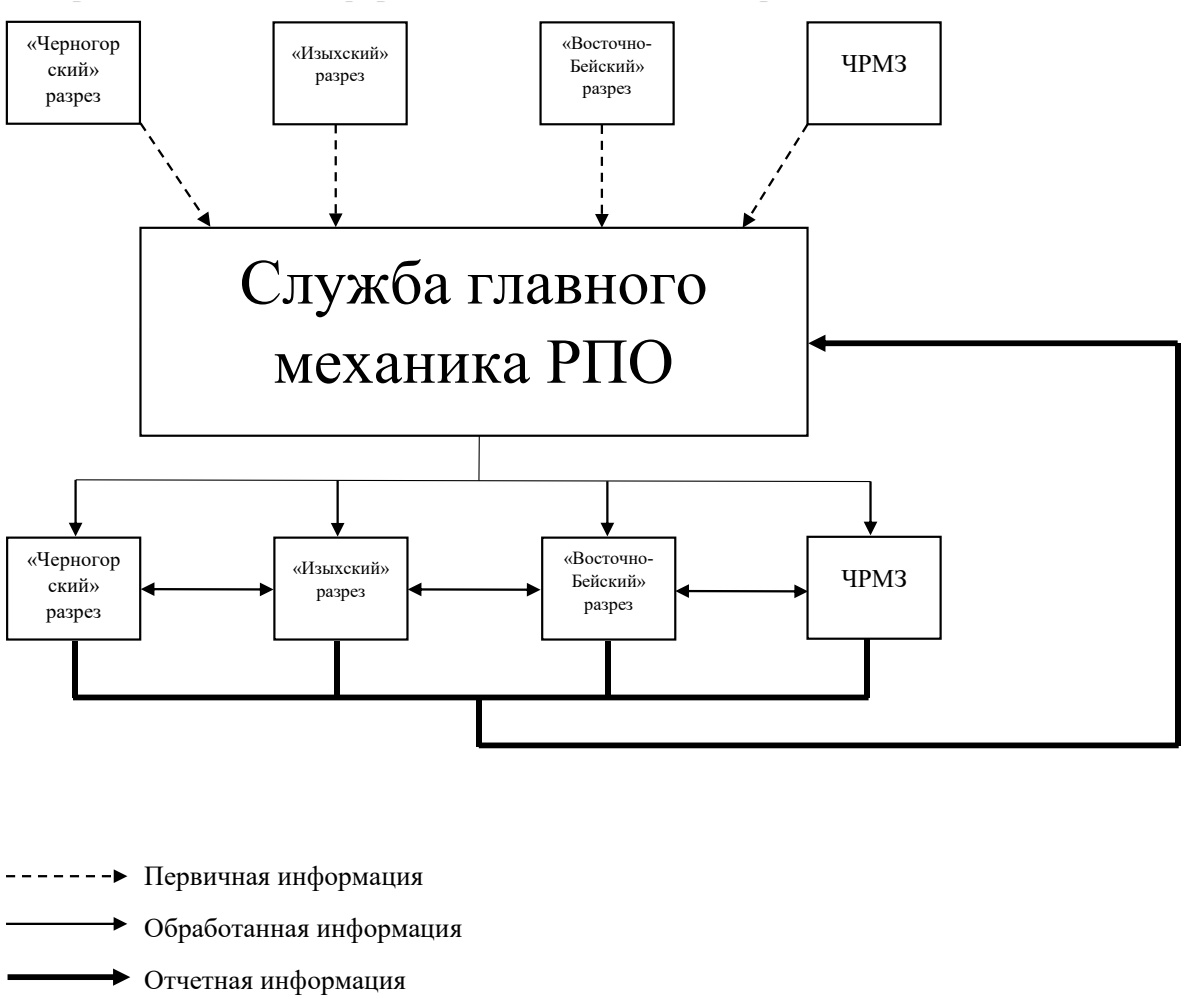


Рисунок Б.1 – Схема процесса обмена информацией об отказах, неисправностях и положительном опыте

Приложение В

Исходные данные и результаты проведения регрессионного анализа и формирования математической формулы, характеризующей зависимость ремонтных затрат экскаваторов Komatsu PC4000 (Y_2) от удельного расхода ВВ (X_2) и их срока эксплуатации (X_3)

Затраты на ремонт (Y_2), тыс. руб.	**Удельный расход ВВ (X_2), кг/м^3**	**Срок эксплуатации (X_3), год**	X_2^2	X_3^2	**ln(X_2)**	**ln(X_3)**
3360	0,82	0,27	0,68	0,07	-0,20	-1,31
20749	0,79	1,27	0,62	1,62	-0,24	0,24
42022	0,78	2,27	0,62	5,16	-0,24	0,82
33377	0,75	3,27	0,57	10,70	-0,28	1,19
79280	0,77	4,27	0,59	18,24	-0,26	1,45
60670	0,78	5,27	0,60	27,81	-0,25	1,66
9206	0,81	0,56	0,66	0,32	-0,21	-0,58
13035	0,82	1,56	0,68	2,44	-0,20	0,45
62151	0,79	2,56	0,62	6,58	-0,24	0,94
84254	0,78	3,56	0,62	12,70	-0,24	1,27
63036	0,75	4,56	0,57	20,83	-0,28	1,52
71199	0,77	5,56	0,59	30,96	-0,26	1,72

Затраты на ремонт (Y_2), тыс. руб.	**Удельный расход ВВ (X_2), кг/м^3**	**Срок эксплуатации (X_3), год**	$\mathbf{X_2^2}$	$\mathbf{X_3^2}$	**ln(X_2)**	**ln(X_3)**
47838	0,78	6,57	0,60	43,13	-0,25	1,88
7586	0,81	0,56	0,66	0,31	-0,21	-0,59
12408	0,82	1,56	0,68	2,42	-0,20	0,44
22215	0,79	2,56	0,62	6,55	-0,24	0,94
43628	0,78	3,56	0,62	12,67	-0,24	1,27
68490	0,75	4,56	0,57	20,78	-0,28	1,52
66702	0,77	5,56	0,59	30,90	-0,26	1,72
76179	0,78	6,56	0,60	43,06	-0,25	1,88
625	0,78	0,04	0,62	0,00	-0,24	-3,13
8901	0,75	1,04	0,57	1,09	-0,28	0,04
49060	0,77	2,04	0,59	4,18	-0,26	0,71
58213	0,78	3,05	0,60	9,28	-0,25	1,11

Вывод итогов регрессионного анализа
$Y_2 = a * X_2 + b * X_3 + const$

11	
Множественный R	0,84
R-квадрат	0,70
Нормированный R-квадрат	0,68
Стандартная ошибка	15604,9
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*
Регрессия	2	12132396427	6066198213	24,9	2,86094E-06
Остаток	21	5113766997	243512714,1		
Итого	23	17246163423			

	Y_2-пересечение	**Переменная X_2**	**Переменная X_3**
Коэффициенты	187496,6	-224514,3	9944,2
Стандартная ошибка	145239,6	181090,1	1969,5
t-статистика	1,3	-1,2	5,0
P-Значение	0,2	0,2	0,0
Нижние 95%	-114545,6	-601111,8	5848,3
Верхние 95%	489538,8	152083,2	14040,1
Нижние 95,0%	-114545,6	-601111,8	5848,3
Верхние 95,0%	489538,8	152083,2	14040,1

Вывод итогов регрессионного анализа
$Y_2 = a * X_2 + b * X_3$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,95
R-квадрат	0,91
Нормированный R-квадрат	0,86
Стандартная ошибка	15839,5
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,4E+10	2,7E+10	1,1E+02	9,6E-12
Остаток	22	5,5E+09	2,5E+08		
Итого	24	5,9E+10			

	Переменная X_2	**Переменная X_3**
Коэффициенты	9072,4	11444,1
Стандартная ошибка	7429,4	1614,2
t-статистика	1,2	7,1
P-Значение	0,2	0,0
Нижние 95%	-6335,3	8096,4
Верхние 95%	24480,1	14791,8
Нижние 95,0%	-6335,3	8096,4
Верхние 95,0%	24480,1	14791,8

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_3^2 + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,76
R-квадрат	0,58
Нормированный R-квадрат	0,54
Стандартная ошибка	18472,7
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*
Регрессия	2	1,0E+10	5,0E+09	14,8	9,9E-05
Остаток	21	7,2E+09	3,4E+08		
Итого	23	1,7E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная X_2^2**	**Переменная X_3^2**
Коэффициенты	187602,7	-261337,5	1117,8
Стандартная ошибка	80488,5	127697,0	323,3
t-статистика	2,3	-2,0	3,5
P-Значение	0,0	0,1	0,0
Нижние 95%	20217,8	-526898,1	445,5
Верхние 95%	354987,6	4223,0	1790,1
Нижние 95,0%	20217,8	-526898,1	445,5
Верхние 95,0%	354987,6	4223,0	1790,1

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_3^2}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,92
R-квадрат	0,85
Нормированный R-квадрат	0,80
Стандартная ошибка	20248,3
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,0E+10	2,5E+10	6,1E+01	1,7E-09
Остаток	22	9,0E+09	4,1E+08		
Итого	24	5,9E+10			

	Переменная X_2^2	**Переменная X_3^2**
Коэффициенты	35658,0	1505,5
Стандартная ошибка	9181,5	303,8
t-статистика	3,9	5,0
P-Значение	0,0	0,0
Нижние 95%	16616,8	875,4
Верхние 95%	54699,2	2135,7
Нижние 95,0%	16616,8	875,4
Верхние 95,0%	54699,2	2135,7

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_2 + c * X_3^2 + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,78
R-квадрат	0,61
Нормированный R-квадрат	0,56
Стандартная ошибка	18240,3
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	1,1E+10	3,5E+09	1,1E+01	2,2E-04
Остаток	20	6,7E+09	3,3E+08		
Итого	23	1,7E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная X_2^2**	**Переменная X_2**	**Переменная X_3^2**
Коэффициенты	-5967656,7	-10187970,2	15640703,7	1041,0
Стандартная ошибка	4962964,3	8003776,4	12609427,8	325,2
t-статистика	-1,2	-1,3	1,2	3,2
P-Значение	0,2	0,2	0,2	0,0
Нижние 95%	-16320218,8	-26883555,2	-10662101,9	362,7
Верхние 95%	4384905,3	6507614,7	41943509,2	1719,3
Нижние 95,0%	-16320218,8	-26883555,2	-10662101,9	362,7
Верхние 95,0%	4384905,3	6507614,7	41943509,2	1719,3

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_2 + c * X_3^2}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,94
R-квадрат	0,88
Нормированный R-квадрат	0,82
Стандартная ошибка	18432,9
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	5,2E+10	1,7E+10	5,1E+01	1,5E-09
Остаток	21	7,1E+09	3,4E+08		
Итого	24	5,9E+10			

	Переменная X_2^2	**Переменная X_2**	**Переменная X_3^2**
Коэффициенты	-568776,5	480592,9	1112,3
Стандартная ошибка	256775,2	204056,7	323,1
t-статистика	-2,2	2,4	3,4
P-Значение	0,0	0,0	0,0
Нижние 95%	-1102769,8	56233,7	440,3
Верхние 95%	-34783,3	904952,1	1784,2
Нижние 95,0%	-1102769,8	56233,7	440,3
Верхние 95,0%	-34783,3	904952,1	1784,2

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_3^2 + c * X_3 + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,89
R-квадрат	0,79
Нормированный R-квадрат	0,75
Стандартная ошибка	13569
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3,0E+00	1,4E+10	4,5E+09	2,5E+01	6,5E-07
Остаток	2,0E+01	3,7E+09	1,8E+08		
Итого	2,3E+01	1,7E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная X_2^2**	**Переменная X_3^2**	**Переменная X_3**
Коэффициенты	28446,2	-56088,0	-2245,0	25419,5
Стандартная ошибка	69528,6	104998,9	808,7	5843,8
t-статистика	0,4	-0,5	-2,8	4,3
P-Значение	0,7	0,6	0,0	0,0
Нижние 95%	-116587,9	-275112,0	-3932,0	13229,5
Верхние 95%	173480,3	162936,0	-558,0	37609,4
Нижние 95,0%	-116587,9	-275112,0	-3932,0	13229,5
Верхние 95,0%	173480,3	162936,0	-558,0	37609,4

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_3^2 + c * X_3}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,97
R-квадрат	0,94
Нормированный R-квадрат	0,88
Стандартная ошибка	13297,3
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	5,6E+10	1,9E+10	1,0E+02	2,1E-12
Остаток	21	3,7E+09	1,8E+08		
Итого	24	5,9E+10			

	Переменная X_2^2	**Переменная X_3^2**	**Переменная X_3**
Коэффициенты	-13366,7	-2368,9	26677,7
Стандартная ошибка	10790,6	734,8	4869,7
t-статистика	-1,2	-3,2	5,5
P-Значение	0,2	0,0	0,0
Нижние 95%	-35807,0	-3897,1	16550,6
Верхние 95%	9073,6	-840,7	36804,7
Нижние 95,0%	-35807,0	-3897,1	16550,6
Верхние 95,0%	9073,6	-840,7	36804,7

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_2 + c * X_3^2 + d * X_3 + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,90
R-квадрат	0,81
Нормированный R-квадрат	0,77
Стандартная ошибка	13211,2
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	4	1,4E+10	3,5E+09	2,0E+01	1,4E-06
Остаток	19	3,3E+09	1,7E+08		
Итого	23	1,7E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная X_2^2**	**Переменная X_2**	**Переменная X_3^2**	**Переменная X_3**
Коэффициенты	-5183625,2	-8470591,5	13251876,0	-2244,8	24926,6
Стандартная ошибка	3599091,6	5810338,5	9149198,9	787,4	5699,9
t-статистика	-1,4	-1,5	1,4	-2,9	4,4
P-Значение	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
Нижние 95%	-12716610,5	-20631769,7	-5897617,4	-3892,9	12996,6
Верхние 95%	2349360,1	3690586,7	32401369,4	-596,7	36856,5
Нижние 95,0%	-12716610,5	-20631769,7	-5897617,4	-3892,9	12996,6
Верхние 95,0%	2349360,1	3690586,7	32401369,4	-596,7	36856,5

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * X_2 + c * X_3^2 + d * X_3}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,97
R-квадрат	0,94
Нормированный R-квадрат	0,88
Стандартная ошибка	13561,4
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	4	5,6E+10	1,4E+10	7,6E+01	2,1E-11
Остаток	20	3,7E+09	1,8E+08		
Итого	24	5,9E+10			

	Переменная X_2^2	**Переменная X_2**	**Переменная X_3^2**	**Переменная X_3**
Коэффициенты	-107727,1	76988,1	-2237,0	25335,5
Стандартная ошибка	216788,9	176648,9	808,3	5843,7
t-статистика	-0,5	0,4	-2,8	4,3
P-Значение	0,6	0,7	0,0	0,0
Нижние 95%	-559940,7	-291494,9	-3923,0	13145,7
Верхние 95%	344486,6	445471,2	-551,0	37525,2
Нижние 95,0%	-559940,7	-291494,9	-3923,0	13145,7
Верхние 95,0%	344486,6	445471,2	-551,0	37525,2

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2} = \boldsymbol{a} * \ln(\boldsymbol{X_2}) + \boldsymbol{b} * \ln(\boldsymbol{X_3}) + \boldsymbol{const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,82
R-квадрат	0,68
Нормированный R-квадрат	0,64
Стандартная ошибка	16317,4
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	1,2E+10	5,8E+09	2,2E+01	7,3E-06
Остаток	21	5,6E+09	2,7E+08		
Итого	23	1,7E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная $\ln(X_2)$**	**Переменная $\ln(X_3)$**
Коэффициенты	-32447,88	-257776,2	15504,93
Стандартная ошибка	33701,5	141232,2	3319,2
t-статистика	-1,0	-1,8	4,7
P-Значение	0,3	0,1	0,0001
Нижние 95%	-102533,9	-551484,6	8602,2
Верхние 95%	37638,1	35932,3	22407,6
Нижние 95,0%	-102533,9	-551484,6	8602,2
Верхние 95,0%	37638,143	35932,26	22407,63

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2} = \boldsymbol{a} * \ln(\boldsymbol{X_2}) + \boldsymbol{b} * \ln(\boldsymbol{X_3})$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,95
R-квадрат	0,90
Нормированный R-квадрат	0,85
Стандартная ошибка	16290,3
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,34E+10	2,67E+10	100,6581	1,74E-11
Остаток	22	5,84E+09	2,65E+08		
Итого	24	5,93E+10			

	Переменная $\ln(X_2)$	**Переменная $\ln(X_3)$**
Коэффициенты	-122722	16875,24
Стандартная ошибка	16417,95	2993,622
t-статистика	-7,47489	5,637064
P-Значение	1,79E-07	1,14E-05
Нижние 95%	-156771	10666,85
Верхние 95%	-88673,6	23083,63
Нижние 95,0%	-156771	10666,85
Верхние 95,0%	-88673,6	23083,63

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * \ln(X_2) + b * X_3 + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,84
R-квадрат	0,70
Нормированный R-квадрат	0,67
Стандартная ошибка	15624,2
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	1,212E+10	6,06E+09	24,82	2,9364E-06
Остаток	21	5,126E+09	244116955		
Итого	23	1,725E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная $\ln(X_2)$**	**Переменная X_3**
Коэффициенты	-30924,5	-173593,7	9976,7
Стандартная ошибка	32175,3	142630,4	1967,8
t-статистика	-1,0	-1,2	5,1
P-Значение	0,3	0,2	0,0
Нижние 95%	-97836,7	-470209,8	5884,4
Верхние 95%	35987,6	123022,3	14069,0
Нижние 95,0%	-97836,7	-470209,8	5884,4
Верхние 95,0%	35987,6	123022,3	14069,0

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * \ln(X_2) + b * X_3}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,95
R-квадрат	0,91
Нормированный R-квадрат	0,86
Стандартная ошибка	15597,2
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,39E+10	2,7E+10	110,80	6,948E-12
Остаток	22	5,35E+09	2,43E+08		
Итого	24	5,93E+10			

	Переменная $\ln(X_2)$	**Переменная X_3**
Коэффициенты	-38814,49	10777,00
Стандартная ошибка	26009,90	1779,87
t-статистика	-1,49	6,05
P-Значение	0,15	0,00
Нижние 95%	-92755,73	7085,79
Верхние 95%	15126,75	14468,22
Нижние 95,0%	-92755,73	7085,79
Верхние 95,0%	15126,75	14468,22

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2 + b * \ln(X_3) + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,82
R-квадрат	0,68
Нормированный R-квадрат	0,65
Стандартная ошибка	16274,7
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	1,17E+10	5,84E+09	22,06	6,915E-06
Остаток	21	5,56E+09	2,65E+08		
Итого	23	1,72E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная X_2**	**Переменная $\ln(X_3)$**
Коэффициенты	291147,0	-332570,2	15448,1
Стандартная ошибка	141194,7	178814,6	3312,8
t-статистика	2,1	-1,9	4,7
P-Значение	0,1	0,1	0,0
Нижние 95%	-2483,4	-704435,5	8558,6
Верхние 95%	584777,3	39295,0	22337,5
Нижние 95,0%	-2483,4	-704435,5	8558,6
Верхние 95,0%	584777,3	39295,0	22337,5

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2 + b * \ln(X_3)}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,94
R-квадрат	0,89
Нормированный R-квадрат	0,84
Стандартная ошибка	17436,1
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,26E+10	2,63E+10	86,47	7,3E-11
Остаток	22	6,69E+09	3,04E+08		
Итого	24	5,93E+10			

	Переменная X_2	**Переменная $\ln(X_3)$**
Коэффициенты	36008,18	18861,01
Стандартная ошибка	5310,55	3074,54
t-статистика	6,78	6,13
P-Значение	0,00	0,00
Нижние 95%	24994,78	12484,81
Верхние 95%	47021,58	25237,21
Нижние 95,0%	24994,78	12484,81
Верхние 95,0%	47021,58	25237,21

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * \ln(X_2) + b * X_3^2 + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,76
R-квадрат	0,58
Нормированный R-квадрат	0,54
Стандартная ошибка	18543,5
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	1,003E+10	5,01E+09	14,58	0,0001
Остаток	21	7,221E+09	3,44E+08		
Итого	23	1,725E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная $\ln(X_2)$**	**Переменная X_3^2**
Коэффициенты	-50716,53	-317748,01	1128,07
Стандартная ошибка	37370,39	158948,05	323,54
t-статистика	-1,36	-2,00	3,49
P-Значение	0,19	0,06	0,00
Нижние 95%	-128432,50	-648298,58	455,23
Верхние 95%	26999,45	12802,57	1800,91
Нижние 95,0%	-128432,50	-648298,58	455,23
Верхние 95,0%	26999,45	12802,57	1800,91

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * \ln(X_2) + b * X_3^2}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,93
R-квадрат	0,87
Нормированный R-квадрат	0,82
Стандартная ошибка	18895
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,1408E+10	2,57E+10	72	3,981E-10
Остаток	22	7854444238	3,57E+08		
Итого	24	5,9262E+10			

	Переменная $\ln(X_2)$	**Переменная X_3^2**
Коэффициенты	-104214,97	1293,99
Стандартная ошибка	22969,41	305,23
t-статистика	-4,54	4,24
P-Значение	0,00	0,00
Нижние 95%	-151850,62	660,98
Верхние 95%	-56579,33	1927,00
Нижние 95,0%	-151850,62	660,98
Верхние 95,0%	-56579,33	1927,00

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * \ln(X_3) + const}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,82
R-квадрат	0,68
Нормированный R-квадрат	0,65
Стандартная ошибка	16232,5
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	1,17E+10	5,86E+09	22,23	6,55E-06
Остаток	21	5,53E+09	2,63E+08		
Итого	23	1,72E+10			

	Y_2-пересечение	**Переменная X_2^2**	**Переменная $\ln(X_3)$**
Коэффициенты	162206,53	-214205	15393,56
Стандартная ошибка	70632,99	113107,7	3306,22
t-статистика	2,30	-1,89381	4,66
P-Значение	0,03	0,072109	0,00
Нижние 95%	15317,19	-449425	8517,90
Верхние 95%	309095,88	21015,64	22269,22
Нижние 95,0%	15317,19	-449425	8517,90
Верхние 95,0%	309095,88	21015,64	22269,22

Вывод итогов регрессионного анализа

$$\mathbf{Y_2 = a * X_2^2 + b * \ln(X_3)}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,94
R-квадрат	0,88
Нормированный R-квадрат	0,83
Стандартная ошибка	17739,2
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,23E+10	2,62E+10	83,16	1,05E-10
Остаток	22	6,92E+09	3,15E+08		
Итого	24	5,93E+10			

	Переменная X_2^2	**Переменная $\ln(X_3)$**
Коэффициенты	45146,69	19286,27
Стандартная ошибка	6831,63	3102,11
t-статистика	6,61	6,22
P-Значение	0,00	0,00
Нижние 95%	30978,75	12852,87
Верхние 95%	59314,64	25719,66
Нижние 95,0%	30978,75	12852,87
Верхние 95,0%	59314,64	25719,66

Приложение Г

Стандарт замены цилиндра опрокидывающего механизма (ЦОМ) на автосамосвале БелАЗ-75306

КОМПЛЕКТ ИНСТРУМЕНТОВ, НЕОБХОДИМЫЙ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ЦИЛИНДРА ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА

Наименование	Визуализация	Кол-во	Наименование	Визуализация	Кол-во
1. Стандарт выполнения операций		1	10. Ключ-трещотка		1
2. Противооткатные упоры		4	11. Торцевая головка: 19 мм, 22 мм		1
3. Ключ накидной: 12 мм,19 мм,22 мм		2	12. Кувалда		1
4. Ключ рожковый: 12 мм, 19 мм, 22 мм		2	13. Молоток		1
5. Хомут		2	14. Таль ручная Q ≥ 1,5 т		1
6. Плоскогубцы		2	15. Ключ шестигранный S=8-10 мм		1
7. Технологические подставки под кузов		2	16. Емкость для слива масла		1

КОМПЛЕКТ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, НЕОБХОДИМЫЙ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ЦИЛИНДРА ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА

Наименование	Визуализация	Кол-во	Наименование	Визуализация	Кол-во
1. ЦОМ		**1**	2. Уплотнитель		**4**
3. РВД		**2**	4. Уплотнительные кольца на РВД		**2**
5. Подшипник ШСЛ 120		**2**	6. Распорная втулка		**3**
			7. Шплинтовочная проволока		**L=0,5 м**

Специальное требование к средствам индивидуальной защиты:

Монтажный пояс Страховочный канат

Защитные очки

Каска

Спец. одежда:
Костюм
Перчатки
Сапоги

Основные обозначения:

При выполнении технологической операции запрещено пользоваться неисправным инструментом

Запрещается производить работы без каски

При выполнении технологической операции существует опасность воздействия движущимися частями оборудования

При выполнении технологической операции существует опасность наезда погрузчика

При выполнении технологической операции существует опасность падения груза

При выполнении технологической операции необходимо пользоваться специальными лестницами и приспособлениями

При выполнении технологической операции необходимо пользоваться защитными очками

При выполнении технологической операции необходимо использовать страховочный пояс

Необходимое для замены цилиндра опрокидывающего механизма количество исполнителей:

Постоянно:

Слесарь по обслуживанию и ремонту оборудования 4-го разряда	2 чел.
Водитель автосамосвала	1 чел.

Эпизодически:

Водитель погрузчика	1 чел.
Машинист крана	1 чел.

Необходимое для замены цилиндра опрокидывающего механизма оборудование:

Автомобильный погрузчик

Автомобильный кран

Специальная подставка

Специальное приспособление ЖС-240 для демонтажа и монтажа ЦОМа (№1)

Специальное приспособление для подъема и опускания пальца ЦОМ (№2)

Стремянка-вышка

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕМОНТАЖА ЦИЛИНДРА ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА

1. Установить автосамосвал на ровной горизонтальной площадке, подложить под колеса передней оси или заднего моста противооткатные упоры	2. Приподнять платформу, установив ее днище в горизонтальное положение и установить технологические подставки между рамой и платформой	3. Отвернуть шланг централизованной системы смазки (ЦСС) и 6 болтов защитной крышки нижней опоры. Отсоединить (открутить 8 болтов) маслопроводы от нижней опоры цилиндров, слить масло в емкость
Время на выполнение: 4-5 мин	**Время на выполнение:** 10-15 мин	**Время на выполнение:** 25-30 мин

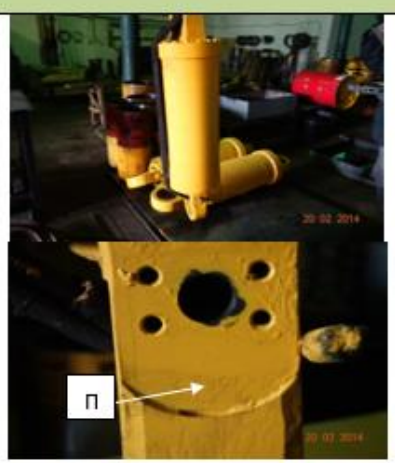
Необходимое оборудование/приспособления/инструмент:

Противооткатный упор 75306 2 шт.	Технологические подставки	Стремянка-вышка	Емкость для слива масла	Подставка	Ключ шестигранный торцовый S=8-10 мм Ключ 12мм,14 мм

4. Установить технологический хомут и закрепить цилиндр опрокидывающего механизма к раме	5. Открутить 6 болтов крепления пальца ЦОМа	6. Вкрутить 2 болта на всю их длину в выпрессовочные отверстия пальца, извлечь палец ЦОМа в приемный желоб спец.приспособления (№2)
		   Внимание!!!: Во избежание падения пальца ЦОМа с высоты, необходимо использовать для его подъема и опускания спец.приспособление
Время на выполнение: 6 мин	**Время на выполнение:** 15 мин	**Время на выполнение:** 15-30 мин
Необходимое оборудование/приспособления/инструмент:		
Ключ 22 мм Стремянка-вышка Хомут 	Ключ 22мм 	Спец.приспособление (№2) Монт.лопатка Ключ 22мм

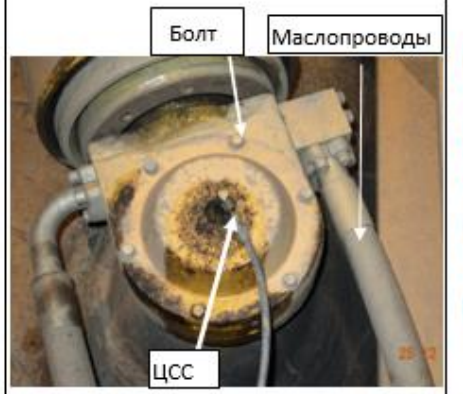
7. Расшплинтовать проволоку с 6 болтов и отвернуть их. Снять прижимную шайбу нижней опоры	8. Установить захватное устройство спец.приспособления (№1) для снятия и установки ЦОМов на цилиндр и надежно закрепить	9. Снять технологический хомут крепления цилиндра к раме, снять цилиндр, уложить краном на подставку
Время на выполнение: 9 мин	**Время на выполнение:** 12 мин	**Время на выполнение:** 10-15 мин
Необходимое оборудование/приспособления/инструмент:		
Ключ 22 мм Плоскогубцы Отвертка	Автопогрузчик с захватами, Q ≥ 2 т Спец.приспособление (№1) ЖС-240 для демонтажа и монтажа ЦОМа	Автопогрузчик Q ≥ 2 т Кран Стремянка - вышка Строп Ключ 24 мм
		ИТОГО: 1 ч 46 мин – 2 ч 17 мин

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ МОНТАЖА ЦИЛИНДРА ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА

1. Установить ШСЛ 120 2 шт. в верхнюю и нижнюю опоры ЦОМ, стопорные кольца 4 шт. и уплотнители 4 шт.	2. Цилиндр при помощи крана и мягкой стропы установить в приспособление ЖС-240 для снятия и установки ЦОМа и надежно закрепить.	3. Нижнюю опору ЦОМа установить на палец (указан стрелкой) его крепления. Установить распорную втулку и прижимную шайбу нижней опоры, закрутить 6 болтов и зашплинтовать их.
	 **Внимание!!!:** Зафиксировать ЦОМ мягкой стропой через верхнюю и нижнюю опоры. Плоскость нижней головки цилиндра с маркировкой «П» или «З» должна находиться спереди по ходу самосвала	
Время на выполнение: 18-20 мин	**Время на выполнение:** 7-10 мин	**Время на выполнение:** 20-30 мин

Необходимое оборудование/приспособления/инструмент:

Отвертка Плоскогубцы Молоток	Спец.приспособление (№1) Автопогрузчик с захватами, Q ≥ 2 т Строп Кран	Авто-погрузчик Подставка Ключ трещотка Проволока шплинтовочная Головка 19,22 мм Плоскогубцы Спец.приспособление (№1)

4. Установить защитную крышку нижней опоры, закрутить 6 болтов. Присоединить шланг ЦСС и маслопроводы (погрузчик со спец. приспособлением (№1) используется в качестве поддерживающего устройства), установить уплотнительные кольца под каждый	5. При помощи ручной тали или спец. приспособления (№1) совместить отверстия на ЦОМе и посадочном месте кузова. При помощи гидросистемы а/с совместить верхнюю проушину ЦОМа с проушиной самосвала. Подать палец ЦОМа при помощи спец. приспособления (№2), установить палец и закрутить 6 болтов его крепления	6. Отцепить приспособление ЖС-240 от ЦОМа и убрать его. Убрать противооткатные упоры и установить их на штатные места
		
Время на выполнение: 20-25 мин	**Время на выполнение:** 25-30 мин	**Время на выполнение:** 10-15 мин
Необходимое оборудование/приспособления/инструмент:		
Ключ 12мм,14 мм Ключ шестигранный торцовый S=8-10 мм Автопогрузчик Спец.приспособление(№1)	Спец.приспособление (№2) Кувалда Ключ 22мм Спец.приспособление (№1) Строп Таль ручная	Противооткатный упор 75306 2 шт. **ИТОГО: 1 ч 40 мин – 2 ч 10мин**
ВСЕГО: 3 ч 26 мин - 4 ч 27 мин		

КАРТЫ РИСКОВ ТРАВМИРОВАНИЯ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ МОНТАЖЕ ЦИЛИНДРА ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА (ЦОМ) НА АВТОСАМОСВАЛЕ БЕЛАЗ-75306

ВЫПРЕССОВКА,УСТАНОВКА ПАЛЬЦА ЦОМ

ОПАСНОСТЬ: **ПАДЕНИЕ С ВЫСОТЫ ≥ 3м**

ДЕЙСТВИЯ РАБОТНИКА

НЕПРАВИЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ НА ВЫСОТЕ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СТРАХОВОЧНОГО ПОЯСА

ПРАВИЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ С ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРАХОВОЧНОГО ПОЯСА. ПОЯС И СТРАХОВОЧНЫЙ КАНАТ ОТРЕГУЛИРОВАТЬ ПО ДЛИННЕ

РИСК

ВЫСОКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ТЯЖЕЛОЙ (СМЕРТЕЛЬНОЙ) ТРАВМЫ ИЗ-ЗА ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ

ОЧЕНЬ НИЗКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ И ТРАВМИРОВАНИЯ

!ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА БЕЗОПАСНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ: ***РАБОЧИЕ***

! ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ: ***НАЧАЛЬНИК УЧАСТКА, МЕХАНИК***

ДЕМОНТАЖ, МОНТАЖ ПАЛЬЦА ЦОМ

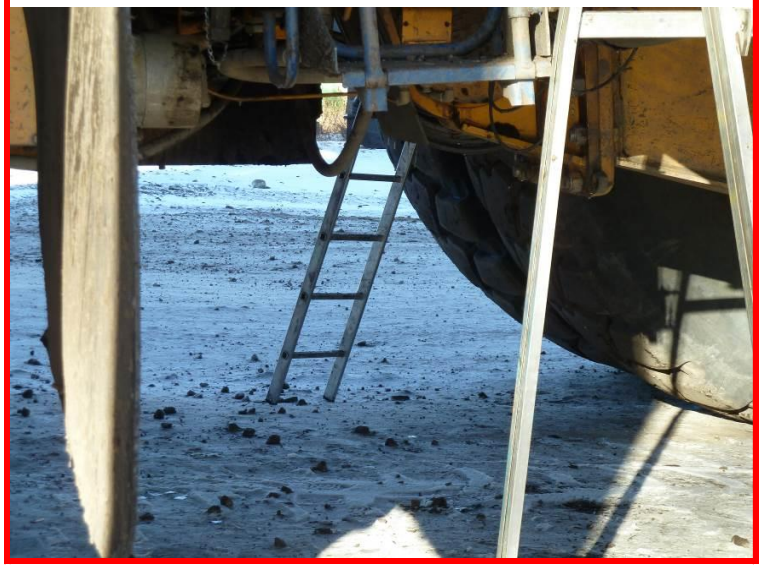
ОПАСНОСТЬ: **РАБОТЫ НА ВЫСОТЕ**

\+ \+ \+

ДЕЙСТВИЯ РАБОТНИКА

НЕПРАВИЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕУСТОЙЧИВЫХ ЛЕСТНИЦ И СТРЕМЯНОК



ПРАВИЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ СТРЕМЯНКИ-ВЫШКИ

РИСК

ВЫСОКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ТРАВМИРОВАНИЯ ПРИ ПАДЕНИИ С ВЫСОТЫ

ОЧЕНЬ НИЗКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ТРАВМИРОВАНИЯ

!ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА БЕЗОПАСНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ: ***РАБОЧИЕ***

! ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ: ***НАЧАЛЬНИК УЧАСТКА, МЕХАНИК***

ОПАСНОСТЬ: **РАБОТЫ НА ВЫСОТЕ**

\+ \+ \+

ДЕЙСТВИЯ РАБОТНИКА

НЕПРАВИЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДРУЧНЫХ СРЕДСТВ (ВОЗД.ФИЛЬТРОВ, ЯЩИКОВ И ДР.)

ПРАВИЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДСТАВКИ

РИСК

ВЫСОКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ТРАВМИРОВАНИЯ ПРИ ПАДЕНИИ С ВЫСОТЫ

ОЧЕНЬ НИЗКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ТРАВМИРОВАНИЯ

!ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА БЕЗОПАСНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ: *РАБОЧИЕ*

! ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ: *НАЧАЛЬНИК УЧАСТКА, МЕХАНИК*

Приложение Д

Акты внедрения

СУЭК
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СУЭК-ХАКАСИЯ»

РОССИЯ, 655162, РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ,
Г.ЧЕРНОГОРСК, УЛ.СОВЕТСКАЯ, Д.40
ТЕЛ. (39031) 5-58-70, 5-58-71
ФАКС (39031) 5-58-76, 5-58-77
E-MAIL: SmirnovaOA@suek.ru

WWW.SUEK.RU

_____№_____

на №_____от_____

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
ООО «СУЭК-Хакасия», к.т.н.
_____/А.Б. Килин
«01» декабря 2022 г.

Акт
о внедрении результатов диссертационной работы
Хажиева Вадима Аслямовича на соискание ученой степени
доктора технических наук

Комиссия в составе:
Председатель: заместитель генерального директора ООО «СУЭК-Хакасия» – технический директор, д.т.н. Азев В.А.
Члены комиссии:
Заместитель генерального директора ООО «СУЭК-Хакасия» по экономике и финансам – финансовый директор, д.э.н. Костарев А.С.;
И.о. заместителя генерального директора ООО «СУЭК-Хакасия» по производству Гартман А.А.;
Главный механик ООО «СУЭК-Хакасия» Сучков О.Ю.

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы, представленной Хажиевым В.А. на соискание ученой степени доктора технических наук, были использованы в период с 2011 по 2022 гг. при разработке и реализации программ развития производственной системы регионального производственного объединения ООО «СУЭК-Хакасия» по направлениям:

1. Повышение качества осуществления производственного цикла посредством обоснования и освоения оптимальных параметров условий и режимов работы оборудования технологического комплекса.
2. Развитие системы эксплуатации оборудования технологического комплекса на основе повышения результативности взаимодействия подсистемы технического использования и ремонтного обслуживания оборудования.
3. Повышение качества процесса обеспечения работоспособности оборудования технологического комплекса на основе совершенствования технологии проведения технического обслуживания и ремонта оборудования.

С применением результатов проведенного Хажиевым В.А. исследования было запланировано и реализовано более 50 технико-технологических и организационных мероприятий на предприятиях объединения, что позволило повысить производительность оборудования технологического комплекса, сократить количество его внезапных отказов и совокупную стоимость владения. Общий экономический эффект от внедрения разработок автора составил 235 млн руб.

Председатель: **В.А. Азев**

УРАЛ АСБЕСТ
Промышленное производство с 1889 года

Публичное акционерное общество
«Уральский асбестовый
горно-обогатительный комбинат»
(ПАО «Ураласбест»)
ОГРН 1026600626777
Россия, 624261
Свердловская область
г. Асбест, ул. Уральская, д. 66
Телефон: +7 (34365) 41-009
E-mail: office@uralasbest.ru
Сайт: www.uralasbest.ru

Генеральный директор

_____/Ю.А. Козлов

«15» октября 2022 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы

на соискание ученой степени доктора технических наук

Хажиева Вадима Аслямовича

Настоящим актом подтверждается, что применение методологической базы по развитию системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия, являющейся результатом диссертационной работы Хажиева В.А., в условиях предприятий, осуществляющих буровзрывные работы и экскавацию горной массы комбината ПАО «Ураласбест, позволило разработать и реализовать решения по следующим направлениям:

CERTIFIED IQNet MANAGEMENT SYSTEM
qualityaustria SYSTEM CERTIFIED ISO 9001:2015 No.09286/0 ISO 14001:2015 No.00370/0
РОСТЕХСЕРТ РОСС RU.0001.13ИК11 СИСТЕМА СЕРТИФИЦИРОВАНА Сертификат № РОСС RU.ИК11.К00525 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 ГОСТ Р ИСО 14001-2016

– изменение параметров условий работы оборудования для повышения его производительности и эффективности осуществления производственного цикла;

– развитие технологии и организации ремонтного обслуживания оборудования для повышения его эксплуатационной надежности и сокращения простоев из-за возникновения внезапных отказов;

– повышение квалификации персонала ремонтной службы для обеспечения требуемого уровня безопасности производства.

За период 2016-2022 гг. с применением результатов исследования и разработанной методологической базы был получен экономический эффект в размере 250 млн руб.

Директор по развитию ПАО «Ураласбест»,

канд. экон. наук С.В. Росляков

Акционерное общество
"Разрез Тугнуйский"

671353, Республика Бурятия,
Мухоршибирский район
п. Саган-Нур, пр. 70 лет Октября, 49
Тел.:+7(3012)480700 (доб.28202)
Факс:+7(30143)22932
E-mail:TugnuyRazrez@suek.ru
PelikhKN@suek.ru

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
АО «Разрез Тугнуйский», к.т.н.
А.И. Каинов
«25» октября 2022

АКТ
о внедрении результатов докторской диссертационной работы
Хажиева Вадима Аслямовича

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы, посвящённой совершенствованию системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия, подготовленной Хажиевым В.А. на соискание ученой степени доктора технических наук, были применены в период 2012-2021 гг. в АО «Разрез Тугнуйский» при разработке и реализации программ и проектов по увеличению производительности и уровня работоспособности оборудования технологического комплекса, а также по повышению эффективности использования ресурсов, затрачиваемых на осуществление производственного цикла.

Использование разработанных автором критериев и показателей оценки результативности, а также методов развития системы эксплуатации оборудования технологического комплекса позволили:

– оценить резервы повышения эффективности осуществления производственного цикла и использования оборудования технологического комплекса;

– разработать программы и проекты для повышения качества условий и режимов работы оборудования технологического комплекса, что позволило увеличить его производительность и эффективность использования ресурсов;

– повысить квалификацию персонала энерго-механической службы и качество стандартизации процессов ремонтного обслуживания, что позволило увеличить уровень работоспособности оборудования технологического комплекса.

Заместитель генерального директора
по экономике и финансам, Финансовый директор, к.э.н. **Федоркевич Т.И.**