

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»

**Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
доктора технических наук**

Кемерово – 2023

Работа выполнена в обществе с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства» и федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева».

Научный консультант: **Хорешок Алексей Алексеевич**,
доктор технических наук, профессор

Официальные
оппоненты: **Иванов Сергей Леонидович**,
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры машиностроения ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский горный университет»;

Лагунова Юлия Андреевна,
доктор технических наук, профессор, заведующая
кафедрой горных машин и комплексов ФГБОУ
ВО «Уральский государственный горный
университет»;

Морин Андрей Степанович,
доктор технических наук, доцент, заведующий
кафедрой горных машин и комплексов ФГАОУ
ВО «Сибирский федеральный университет»

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии Сибирского отделения
Российской академии наук», г. Кемерово.

Защита состоится «30» июня 2023 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.321.01 в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел./факс: 8 (3842) 39-69-60.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» и на сайте

<http://science.kuzstu.ru/wp-content/docs/OAD/Soresearchers/2023/hag/Dissertation.pdf>.

Автореферат разослан «__» _____ 2023г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

С.О. Марков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 обуславливает 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., Веницкого 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., Сайтова 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, обуславливающие 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 ремонтпригодности 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.

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.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 368 страницах и состоит из 5 глав, введения и заключения, содержит 126 рисунков, 80 таблиц, 37 формул, список литературы из 304 наименований, 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Обобщение и дополнение разработанной научно-методической базы результатами исследования состояния и тенденций функционирования системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия дали возможность автору обосновать научные положения, позволившие разработать методологические основы повышения эффективности предприятия посредством развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

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.

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 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 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.

На основе оценки структуры рабочего времени комплексов технологического горного оборудования ряда горнодобывающих предприятий России определено, что в календарном фонде времени доля времени производительной работы оборудования, понимаемого как расчетное время, которое потребовалось бы затратить на выполнение произведенного объема работы при рациональных продолжительности рабочего цикла и условиях его осуществления, варьируется в диапазоне от 34 до 65% (рисунок 2) при технически возможных показателях – от 85 до 93%, что снижает эффективность производства.

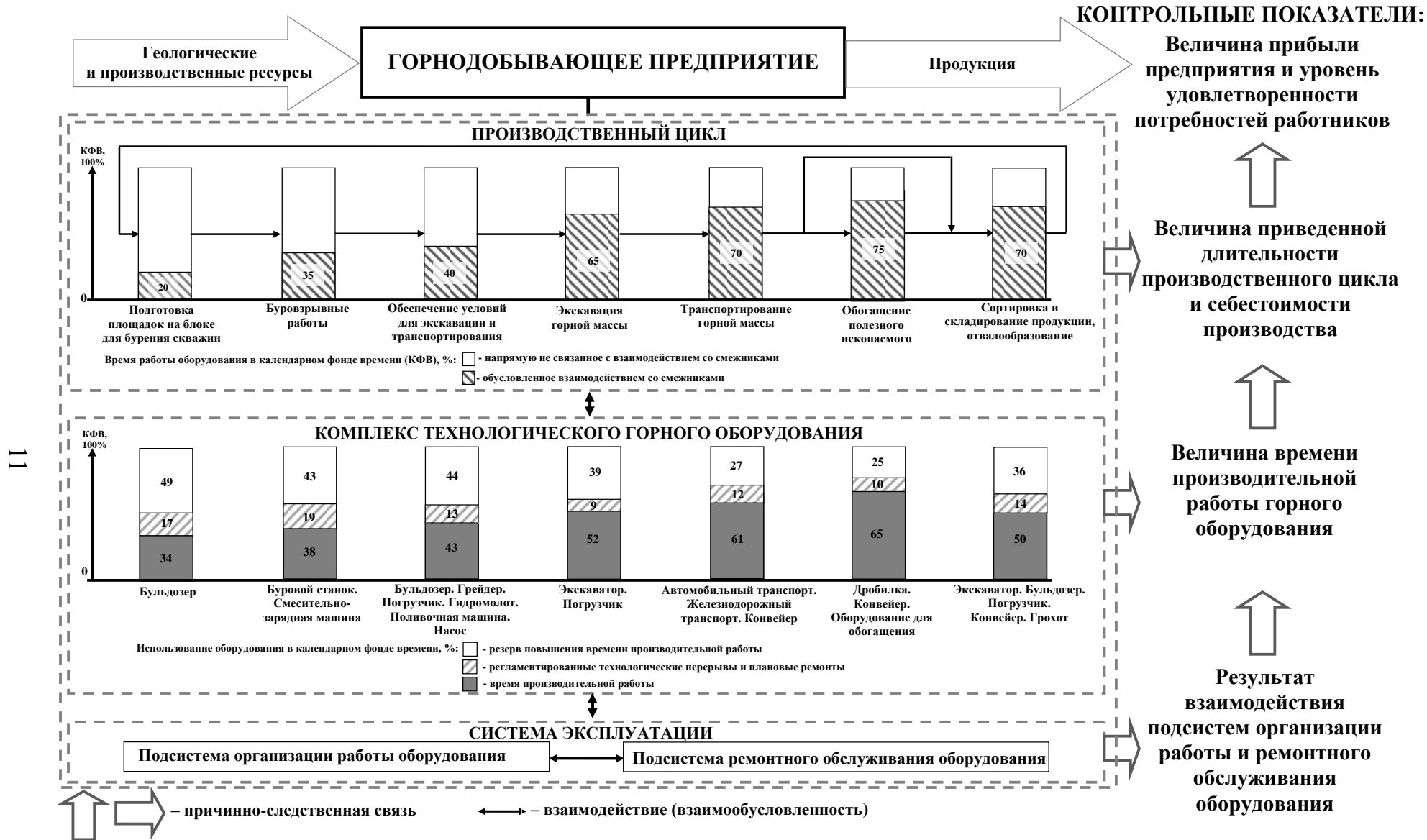


Рисунок 2 – Производственный цикл, характерный для горнодобывающего предприятия открытого способа разработки

Значительное варьирование времени производительной работы видов горного оборудования на разных технологических этапах обуславливает необходимость оценки общей эффективности использования технического потенциала комплекса технологического горного оборудования. Данная оценка затрудняется тем, что эффективность использования технического потенциала каждого вида горного оборудования определяется функциональными особенностями выполняемой работы и различающимися единицами измерения показателей объема выполненных работ. В связи с этим для оценки уровня использования технического потенциала комплекса технологического горного оборудования разработан новый показатель – приведенная длительность производственного цикла. Под приведенной длительностью производственного цикла понимается суммарная приведенная продолжительность работы комплекса технологического горного оборудования, затрачиваемой 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 $T_{\phi}^{пц}$ (маш.-ч/м³) рассчитывается по формуле (1):

$$T_{\phi}^{пц} = t_{\phi}^п / V, \quad (1)$$

где $t_{\phi}^п$ – фактическая сумма приведенных машино-часов работы горного оборудования, задействованного на всех этапах производственного цикла, маш.-ч; V – объем извлечения горной массы, м³.

Сумма приведенных машино-часов $t_{\phi}^п$ (маш.-ч) рассчитывается по формуле (2):

$$t_{\phi}^п = \sum_{i=1}^n T_i^{\phi} \cdot A^i / A^{max}, \quad (2)$$

где T_i^{ϕ} – фактическое время технического использования i -й единицы горного оборудования за исключением времени на регламентированные технологические простои и ремонтное обслуживание, ч; A^i – фактическая механическая работа, выполняемая i -й единицей горного оборудования, МДж; A^{max} – максимальная механическая работа, выполняемая единицей горного оборудования в технологическом комплексе, МДж.

Фактическое время технического использования единицы горного оборудования T_i^{ϕ} (ч) определяется по формуле (3):

$$T_i^{\phi} = KФВ - T_{ТП}^{pi} - T_{РО}^{pi}, \quad (3)$$

где $KФВ$ – календарный фонд времени, ч; $T_{ТП}^{pi}$ – регламентированное время технологических простоев, необходимое для выполнения фактического объема работ i -й единицей горного оборудования, ч; $T_{РО}^{pi}$ – регламентированное время ремонтного обслуживания, необходимое для выполнения фактического объема работ i -й единицей горного оборудования, ч.

Механическая работа, выполняемая единицей горного оборудования, A^i (МДж), определяется по формуле (4):

$$A^i = E_{дв}^i \cdot \eta_{дв}^i \cdot 3,6, \quad (4)$$

где $E_{дв}^i$ – энергия, которую двигатель преобразует большую часть времени за рассматриваемый период при фактических условиях работы на i -й единице горного оборудования, кВт·ч; $\eta_{дв}^i$ – коэффициент полезного действия двигателя i -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 $T_{п}^{пц}$ (маш.-ч/м³) (5):

$$T_{п}^{пц} = t_{п}^{п} / V, \quad (5)$$

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

Потенциальная сумма приведенных машино-часов работы горного оборудования $t_{п}^{п}$ (маш.-ч) определяется по формуле (6):

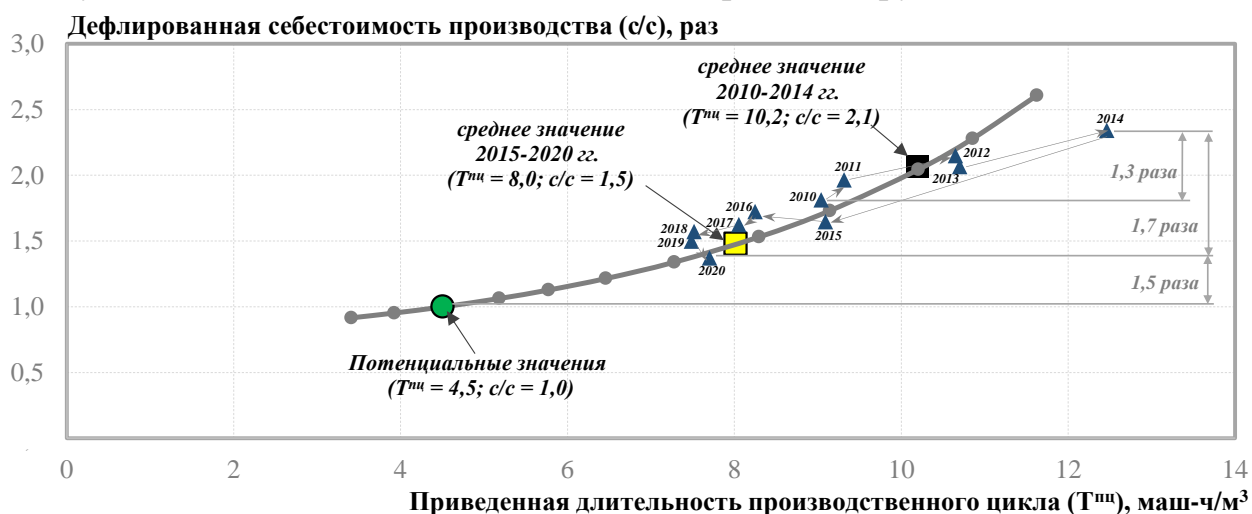
$$t_{п}^{п} = \sum_{i=1}^n T_{\phi i}^{пти} \cdot A^i / A^{max}, \quad (6)$$

где $T_{\phi i}^{пти}$ – 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.

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 3). 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). Выявленный рост значений данных показателей был связан с тем, что увеличение объема добычи обеспечивалось преимущественно за счет большего 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.



- Расчетные значения себестоимости производства при изменении приведенной длительности производственного цикла (рассчитано на основе соотношения условно-постоянных и условно-переменных затрат)
- ▲ Фактические значения приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства за год

Рисунок 3 – Зависимость себестоимости производства от приведенной длительности производственного цикла на разрезе «Черногорский»

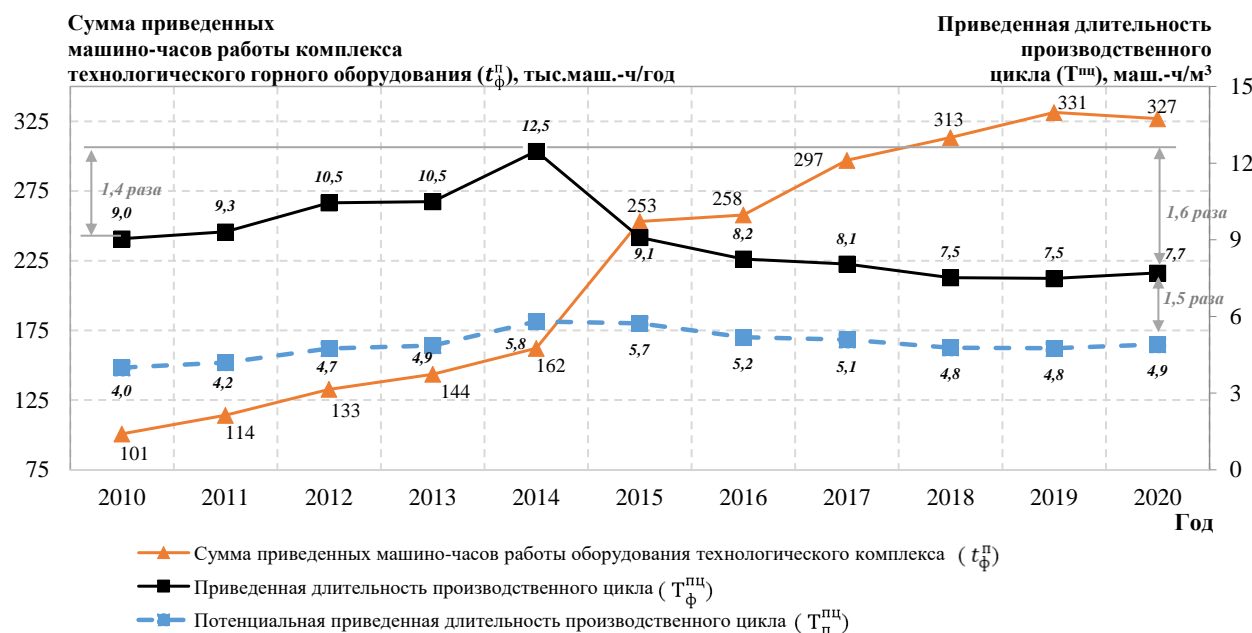


Рисунок 4 – Показатели работы комплекса технологического горного оборудования на разрезе «Черногорский»

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. В таблице 1 представлены характеристики системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования разреза «Черногорский» до преобразования и их целевое состояние.

Таблица 1 – Характеристики системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования на разрезе «Черногорский»

Система до ее преобразования (типичная для отечественных горнодобывающих предприятий)	Целевое состояние системы
<i>Управление системой эксплуатации</i>	
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
<i>Механизм реализации предназначения системы эксплуатации</i>	
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
<i>Взаимодействие подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования</i>	
Взаимодействие характеризуется доминированием подсистемы организации работы оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания	Взаимосоответствующее и взаимодополняющее взаимодействие подсистем (комплементарное состояние)
<i>Результат функционирования системы эксплуатации</i>	
Выполнение плановых объемов производства в рамках сформированного бюджета	Выполнение плановых объемов производства при рациональном использовании ресурсов

Применение комплементарного подхода к развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования позволило при росте объемов производства уменьшить величину приведенной длительности производственного цикла в 1,6 раза и себестоимости производства продукции – в 1,7 раза (см. рисунок 3, 4).

Таким образом, выявленная траектория развития разреза «Черногорский» и других горнодобывающих предприятий России показала, что сохраняется тенденция доминирования подсистемы организации работы горного оборудования над подсистемой его ремонтного обслуживания, что приводит к недоиспользованию 45-65% технического потенциала комплекса

технологического горного оборудования, перерасходу финансовых ресурсов более чем на 30%. Применение комплементарного подхода, направленного на достижение взаимосопоставляемого и взаимодополняющего взаимодействия подсистем организации работы горного оборудования и его ремонтного обслуживания с использованием обоснованных показателей приведенной длительности производственного цикла предприятия и себестоимости производства продукции, позволяет целенаправленно увеличивать уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и повышать соответствие предприятия возрастающим требованиям к эффективности производства.

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

Анализ развития техники и системы ее ремонтного обслуживания в различных отраслях промышленности мира показал значительное отставание системы ремонтного обслуживания, достигающее при разных технологических укладах от 8 до 100 лет (рисунок 5). Как показывает практика, сложившийся дисбаланс в развитии техники и системы ее ремонтного обслуживания обуславливает повышенные риски реализации различного масштаба аварий и инцидентов. Кроме того, на горнодобывающих предприятиях не осуществляются необходимые изменения в подсистеме ремонтного обслуживания горного оборудования, несмотря на то что риск негативных последствий его отказа существенно увеличивается.

Технологический уклад

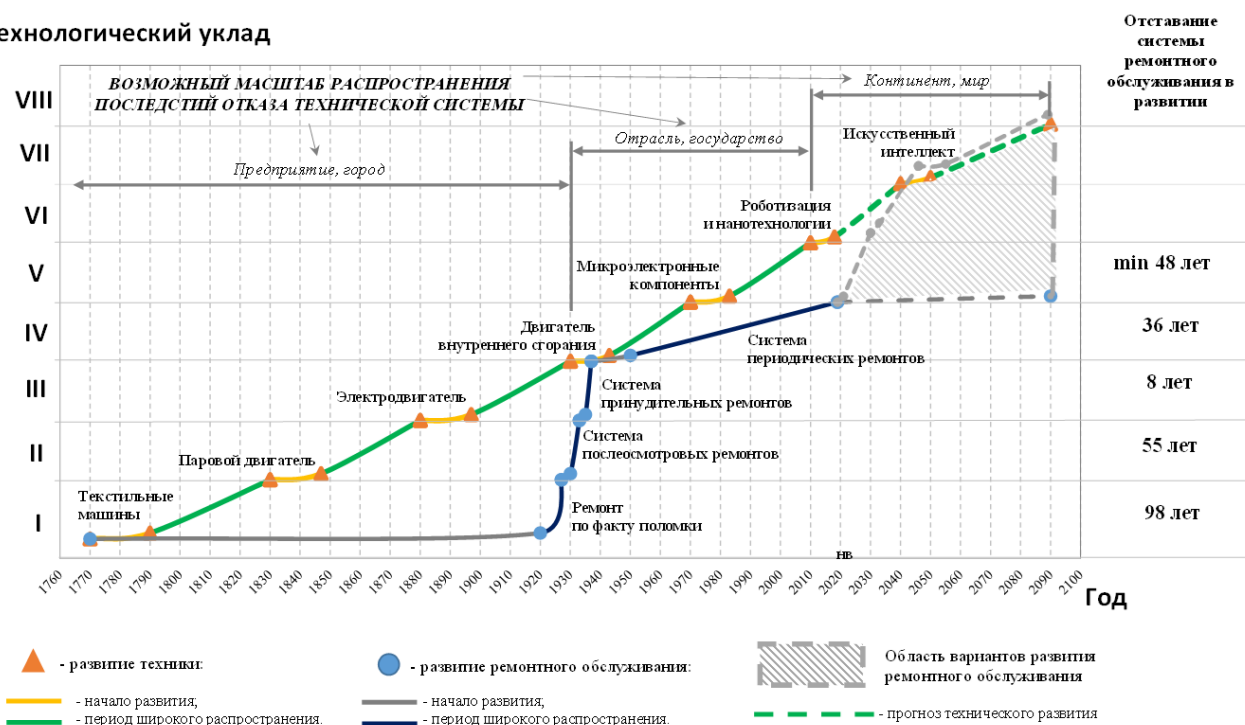


Рисунок 5 – Развитие техники и системы ее ремонтного обслуживания при различных технологических укладах в промышленности мира

В масштабах горнодобывающего предприятия сформировавшийся дисбаланс в развитии горного оборудования и развитии системы его ремонтного обслуживания проявляется в неудовлетворительном взаимодействии подсистем системы эксплуатации горного оборудования. Неудовлетворительное взаимодействие подсистем приводит к тому, что сокращение приведенной длительности производственного цикла сопровождается повышением себестоимости производства продукции из-за роста количества отказов горного оборудования, обусловленных несоответствием его производительности параметрам работы и ремонтного обслуживания. Факторный и структурно-функциональный анализ параметров работы и ремонтного обслуживания горного оборудования позволили выявить их взаимосвязи, оказывающие существенное влияние на приведенную длительность производственного цикла горнодобывающего предприятия и себестоимость производства продукции (рисунок 6).

Корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязей параметров работы и ремонтного обслуживания горного оборудования с приведенной длительностью производственного цикла и себестоимостью производства продукции позволил выявить две закономерности, обуславливающие уровень реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования:

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

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

Первая закономерность проявляется в условиях нетождественности сформированных в подсистемах возможностей для достижения требуемых значений приведенной длительности производственного цикла предприятия и себестоимости производства продукции, что является результатом их недостаточного взаимосоответствия. 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.

Условием проявления второй закономерности является способность подсистем осваивать сформированные возможности для совместного достижения требуемых значений приведенной длительности производственного цикла предприятия и себестоимости производства продукции, что зависит от результата реализации функций управления подсистемами. Взаимодополнение подсистем достигается формированием в них специфических функций, необходимых для организации совместной деятельности по достижению требуемых значений указанных показателей.

В качестве показателя, характеризующего уровень взаимосоответствия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, автором предложено применять разработанный коэффициент взаимосоответствия $K_{вс}$ (7):

$$K_{вс} = 1 - \left| K_{ор}^{\phi} - K_{ро}^{\phi} \right|, \quad (7)$$

где $K_{ор}^{\phi}$ и $K_{ро}^{\phi}$ – соответственно коэффициенты, отражающие результаты реализации функции подсистемой организации работы горного оборудования (8) и подсистемой ремонтного обслуживания горного оборудования (9).

$$K_{ор}^{\phi} = T_{\phi}^{пвр} / T_{п}^{пвр}, \quad (8)$$

где $T_{\phi}^{пвр}$, $T_{п}^{пвр}$ – соответственно фактическое и потенциальное время производительной работы горного оборудования, ч.

$$K_{ро}^{\phi} = T_{п}^{вро} / T_{\phi}^{вро}, \quad (9)$$

где $T_{п}^{вро}$, $T_{\phi}^{вро}$ – соответственно потенциальное производственное и фактическое время ремонтного обслуживания горного оборудования, ч. Под потенциальным производственным временем ремонтного обслуживания горного оборудования понимается интервал, в течение которого этот процесс возможно выполнить с рациональными параметрами.

Для оценки уровня взаимодополнения подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования разработан показатель $K_{вд}$, 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 (10):

$$K_{вд} = \sum \Pi_i / 8, \quad (10)$$

где $\sum \Pi_i$ – сумма баллов характеристик показателей взаимодополнения подсистем (таблица 2), балл; 8 – максимальная сумма баллов характеристик показателей взаимодополнения подсистем, балл.

Показатели взаимодополнения характеризуются качеством планирования ($\Pi_{п}$), организации ($\Pi_{о}$), мотивации ($\Pi_{м}$) и контроля ($\Pi_{к}$) в подсистемах при достижении требуемых значений приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции (см. табл. 2).

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 $\Pi^к$ предложено использовать в качестве критерия развития этой системы, позволяющего определять рациональное соотношение параметров его работы и ремонтного обслуживания. Критерий $\Pi^к$ рассчитывается по формуле (11):

$$\Pi^к = K_{вс} \cdot K_{вд}. \quad (11)$$

Таблица 2 – Характеристика взаимодополнения подсистем при повышении уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования

Характеристика взаимодействия	Функция управления подсистем			
	Планирование (Пп)	Организация (По)	Мотивация (Пм)	Контроль (Пк)
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	Подсистемами реализуется взаимоконтроль 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

На представительном ряде 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 7 в общем виде представлен график изменения комплементарности подсистем системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и характеристик производственного цикла предприятия.

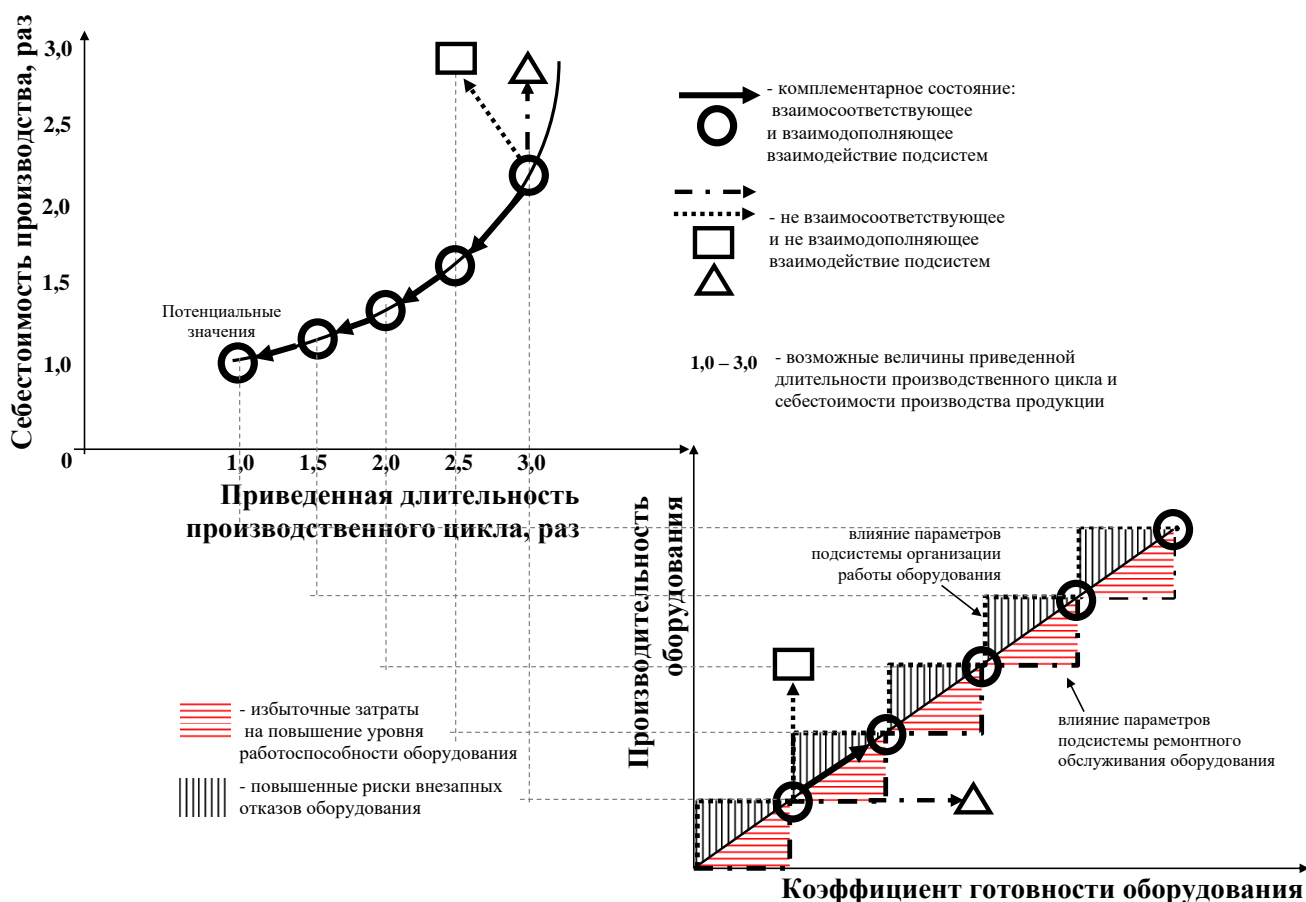


Рисунок 7 – График изменения комплементарности подсистем системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и характеристик производственного цикла предприятия

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 3).

Таблица 3 – 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 показателем комплементарности значения 0,7 обеспечивает возможность существенного одновременного сокращения приведенной длительности производственного цикла предприятия и себестоимости производства продукции.

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.

Выявлено, что существует соотношение показателей качества условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования, которое оказывает значимое влияние на ключевые технико-экономические показатели работы оборудования, определяющие величины приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции. К ним

относятся эксплуатационная производительность горного оборудования, совокупная стоимость владения им, рациональный срок службы и коэффициент сохранения эффективности оборудования (таблица 4).

Таблица 4 – 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)	$Q = 4 - 5$ $S^{ВЛ} = 0,3 - 0,4$ $T^{ЭК} = 1,6 - 1,8$ $K_{эф} = 10 - 16$	$Q = 3 - 4$ $S^{ВЛ} = 0,4 - 0,6$ $T^{ЭК} = 1,5 - 1,7$ $K_{эф} = 6 - 10$	$Q = 2,5 - 3,5$ $S^{ВЛ} = 0,45 - 0,65$ $T^{ЭК} = 1,2 - 1,4$ $K_{эф} = 5 - 9$	Исходные данные
	Среднее (4-6 баллов)	$Q = 3,5 - 4,5$ $S^{ВЛ} = 0,35 - 0,5$ $T^{ЭК} = 1,5 - 1,6$ $K_{эф} = 7 - 12$	$Q = 2,5 - 3,5$ $S^{ВЛ} = 0,5 - 0,7$ $T^{ЭК} = 1,3 - 1,5$ $K_{эф} = 4 - 9$	$Q = 1,5 - 2,0$ $S^{ВЛ} = 0,8 - 0,9$ $T^{ЭК} = 1,1 - 1,2$ $K_{эф} = 2 - 5$	
	Низкое (1-3 балла)	$Q = 2,5 - 3,5$ $S^{ВЛ} = 0,5 - 0,6$ $T^{ЭК} = 1,4 - 1,5$ $K_{эф} = 4 - 8$	$Q = 1,2 - 1,7$ $S^{ВЛ} = 0,7 - 0,9$ $T^{ЭК} = 1,0 - 1,1$ $K_{эф} = 2 - 4$	$Q = 1,0$ $S^{ВЛ} = 1,0$ $T^{ЭК} = 1,0$ $K_{эф} = 1,0$	

Q – годовая эксплуатационная производительность горного оборудования, раз.
 $S^{ВЛ}$ – совокупная стоимость владения горным оборудованием за весь срок его службы, раз.
 $T^{ЭК}$ – рациональный срок службы горного оборудования (время, в течение которого оборудование является рентабельным), раз.
 $K_{эф}$ – коэффициент сохранения эффективности горного оборудования, раз.
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 4 балльными оценками, определяется как произведение баллов, отражающих качество выполнения функции подсистемой организации работы (таблица 5) и подсистемой ремонтного обслуживания (таблица б). 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.

Таблица 5 – 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 6 – 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 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.

Исследование возможностей улучшения реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования, обусловленных повышением качества выполнения функций ее подсистем и организацией их взаимодополняющей деятельности, позволило выявить уровни реализации предназначения и параметры результатов функционирования этой системы (таблица 7). 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, то – приемлемым, если незначительно ниже, чем у конкурентов, то – пониженным, если значительно ниже, чем у конкурентов, то – неприемлемым.

Таблица 7 – Уровни реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия

Уровень			
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, раз			
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

На основе выявленного влияния качества условий работы и ремонтного обслуживания комплекса технологического горного оборудования на эффективность и надежность его работы в процессе добычи, транспортировки, обогащения и складирования полезного ископаемого сделан вывод, что повышение качества выполнения функции той подсистемой, где оно недостаточно, и организация взаимодополняющей деятельности подсистем позволяют обеспечить закономерный рост уровня реализации предназначения системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования и, следовательно, конкурентоспособность предприятия.

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

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, обуславливающих 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 (12):

$$R = \sum_{i=1}^N \left(\left((T_{\text{пд}}^i + T_c^i) / 2 \right) \cdot \left((V_{\text{ку}}^i + V_{\text{кр}}^i + V_p^i) / 3 \right) \right) / 9 \cdot N, \quad (12)$$

где $T_{\text{пд}}^i$ – тяжесть последствий отказа горного оборудования i -го технологического этапа производственного цикла относительно величины приведенной длительности производственного цикла (таблица 8), балл; T_c^i – тяжесть последствий отказа горного оборудования i -го технологического этапа производственного цикла относительно себестоимости производства продукции (см. табл. 8), балл; $V_{\text{ку}}^i$, $V_{\text{кр}}^i$, V_p^i – вероятность отказа горного оборудования i -го технологического этапа производственного цикла, балл. Определяется на основе оценки качества выполнения функции подсистемой организации работы ($V_{\text{ку}}^i$), подсистемой ремонтного обслуживания ($V_{\text{кр}}^i$) и технического ресурса (V_p^i) горного оборудования (таблица 9); 9 – максимальное количество баллов для

одного технологического этапа; N – количество технологических этапов в производственном цикле предприятия.

Таблица 8 – 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 ($T_{пд}^i$)	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 (T_c^i)	Незначительное увеличение стоимости владения горным оборудованием	Стоимость владения горным оборудованием увеличивается до уровня конкурентов	Стоимость владения горным оборудованием превышает выручку предприятия

Таблица 9 – 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. табл. 5)	Качество реализации функции подсистемы организации работы оборудования, соответствующее 2-м баллам (см. табл. 5)	Качество реализации функции подсистемы организации работы оборудования, соответствующее 1-му баллу (см. табл. 5)
Качество ремонтного обслуживания оборудования ($B_{кр}^i$)	Качество реализации функции подсистемы ремонтного обслуживания оборудования, соответствующее 3-м баллам (см. табл. 6)	Качество реализации функции подсистемы ремонтного обслуживания оборудования, соответствующее 2-м баллам (см. табл. 6)	Качество реализации функции подсистемы ремонтного обслуживания оборудования, соответствующее 1-му баллу (см. табл. 6)
Технический ресурс оборудования (B_p^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 использования комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия K^n по формуле (13):

$$K^n = T_{\Pi}^{пц} / T_{\Phi}^{пц}, \quad (13)$$

где $T_{\Pi}^{пц}$ и $T_{\Phi}^{пц}$ – соответственно потенциальная и фактическая приведенная длительность производственного цикла, маш.-ч/м³.

Применение разработанных формул при анализе результатов деятельности ООО «СУЭК-Хакасия» за период 2010-2020 гг. позволило выявить связи эффективности использования 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 8). 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.

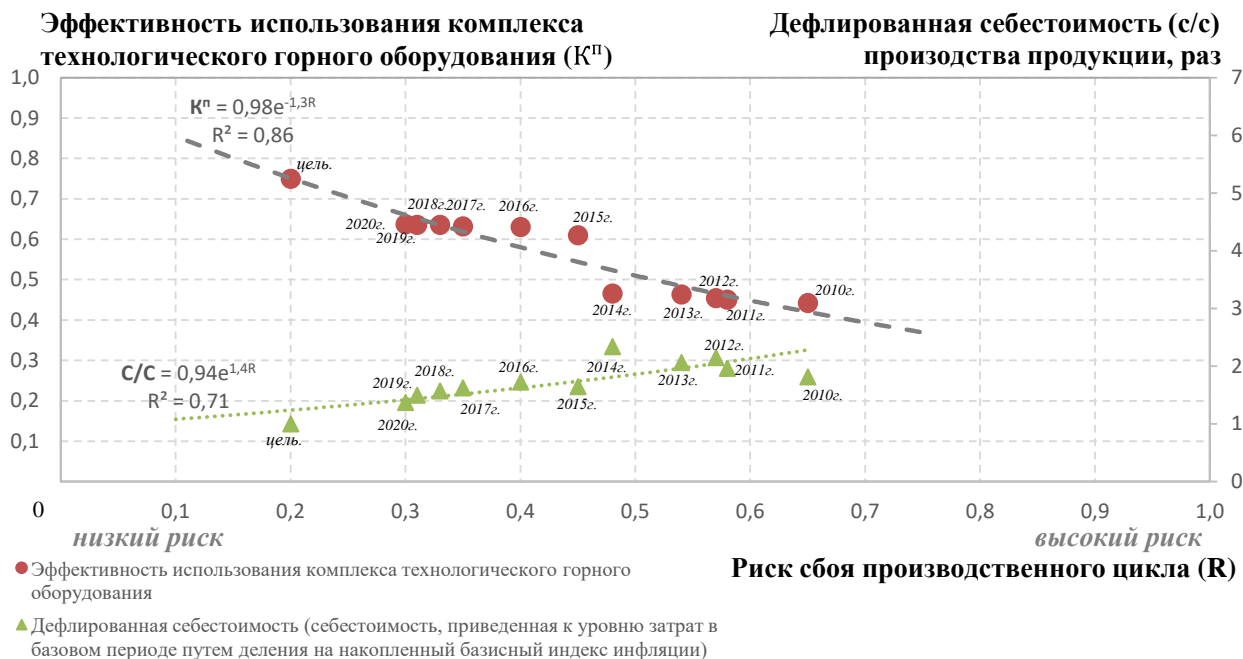


Рисунок 8 – Связи эффективности использования комплекса технологического горного оборудования и себестоимости производства продукции с вероятностью и тяжестью последствий сбоя производственного цикла предприятия в ООО «СУЭК-Хакасия»

Выявленные связи позволяют в процессе снижения риска сбоя производственного цикла обосновывать целесообразность вложения ресурсов для улучшения качества условий работы и ремонтного обслуживания горного оборудования при достижении требуемой приведенной длительности производственного цикла и себестоимости производства продукции.

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 9).

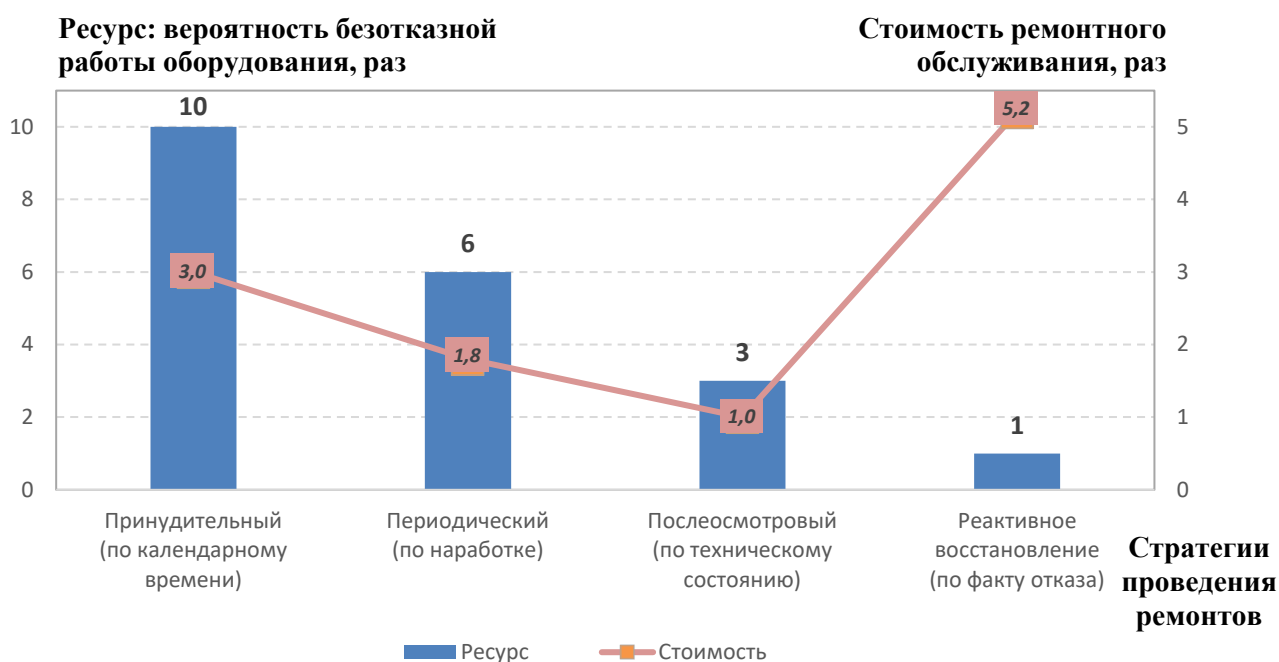


Рисунок 9 – Технический ресурс горного оборудования и затраты на его поддержание при различных стратегиях проведения ремонтов

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 10).

Таблица 10 – 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.

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.

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 легли в основу алгоритма развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования (рисунок 10).

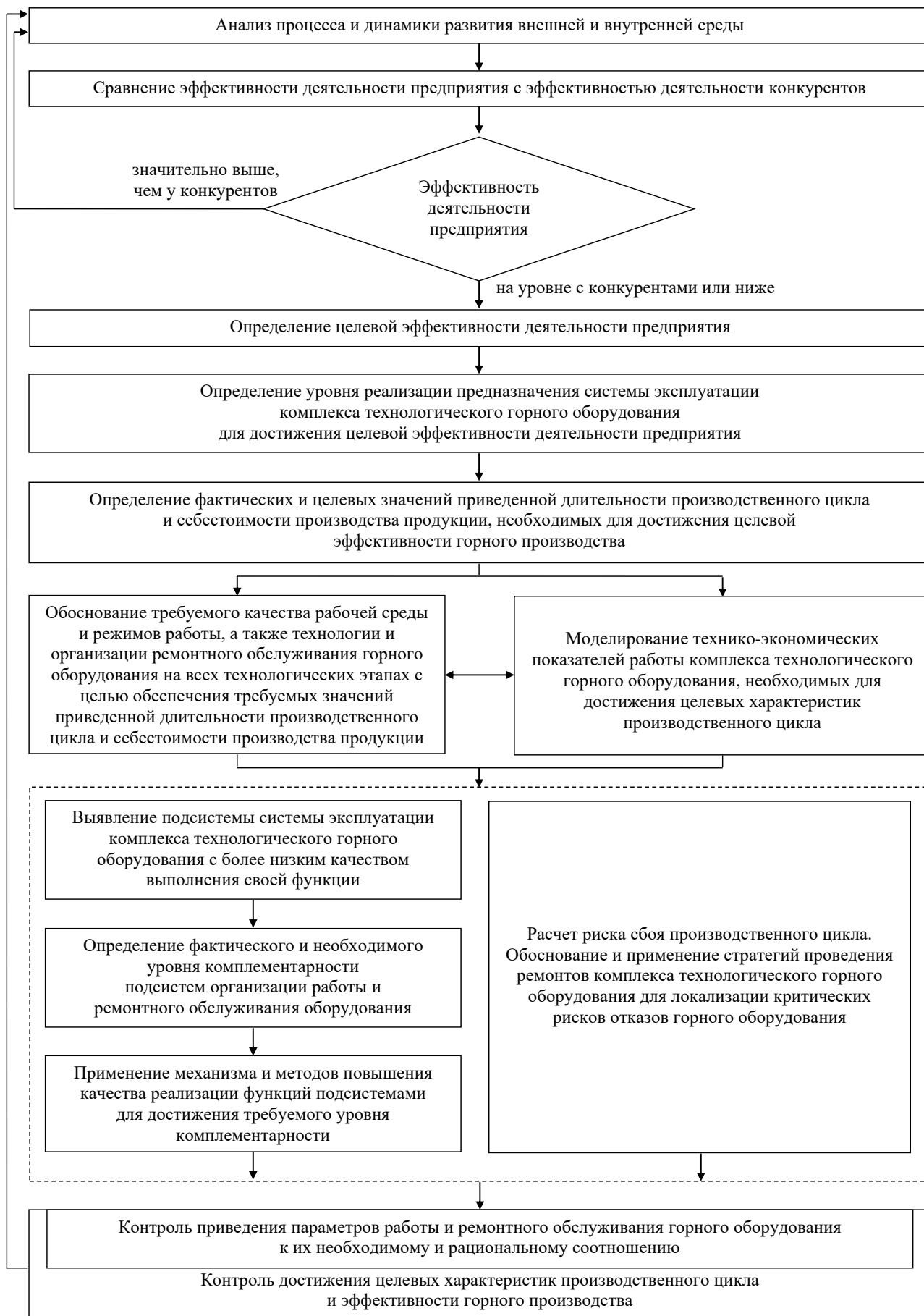


Рисунок 10 – Алгоритм развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия

В алгоритм реализации методологии развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования включен разработанный методический инструментарий его реализации, включающий в себя механизм и методы ее развития. Предназначением механизма развития системы является обеспечение комплементарного взаимодействия подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования в условиях нарастания кризисных явлений. Освоение этого механизма осуществляется с применением комплекса методов, включающих: декомпозицию предназначения системы на функции ее подсистем, обеспечение баланса полномочий и ответственности между подсистемами, повышение квалификации персонала по развитию производства, стандартизацию процессов.

Комплементарный подход; критерий комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания технологического горного оборудования; показатели, в общем виде отражающие эксплуатационные характеристики этого комплекса; закономерности функционирования системы и алгоритм ее развития представляют собой методологические основы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия. Применение методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия с использованием разработанного методического инструментария позволяет повышать уровень реализации предназначения этой системы в соответствии с возрастающими требованиями к эффективности производства.

Применение разработанных методологических основ развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия открытого способа разработки позволило, в частности, на разрезе «Черногорский» за период 2015-2020 гг. обеспечить повышение комплементарности подсистем организации работы и ремонтного обслуживания горного оборудования и улучшение технико-экономических показателей предприятия, а также обосновать целевые результаты развития этой системы (таблица 11).

Результаты диссертационной работы используются в ООО «СУЭК-Хакасия», АО «Разрез Тугнуйский», ПАО «Ураласбест» и на других горных предприятиях с открытым способом разработки месторождения при разработке и реализации решений по развитию системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования.

Таблица 11 – 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. табл. 5)	среднее (см. табл. 5)	высокое (см. табл. 5)
	Подсистема ремонтного обслуживания оборудования	низкое (см. табл. 6)	среднее (см. табл. 6)	высокое (см. табл. 6)
Характеристика взаимодействия подсистем		Конфликтное взаимодействие	Взаимосоответствующее взаимодействие подсистем	Взаимосоответствующее и взаимодополняющее взаимодействие
Показатель комплементарности подсистем (P^k)		0,03	0,4	0,8
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

Реализация разработанной методологии развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования горнодобывающих предприятий России может обеспечить эффективное управление и улучшение показателей их экономической деятельности не менее чем на 10%.

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 обуславливает 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.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монография, брошюры

1. **Хажиев В.А.** Развитие системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия: теория и практика: монография. – Челябинск: Издательский центр «Титул». – 2022. – 198 с.
2. Килин А.Б. 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.
3. Мельник В.В. 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.

Статьи в научных изданиях, определенных ВАК РФ:

4. Кольга А.Д. Пооперационное планирование ремонтов горного оборудования / А.Д. Кольга, **В.А. Хажиев** // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – №3. – С. 5-7.
5. Довженок А.С. Оценка эффективности системы обеспечения работоспособности горного оборудования для принятия управленческих решений / А.С. Довженок, О.А. Лапаева, **В.А. Хажиев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – №5. – С. 300-304.
6. Рябков Н.В. 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.
7. Рябков Н.В. Влияние регламентации ремонтных процессов на аварийность подземного рельсового транспорта на угольной шахте / Н.В. Рябков, А.С. Довженок, **В.А. Хажиев** // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – №5. – С. 47-48.

8. **Хажиев В.А.** Оценка влияния эксплуатационных факторов на эффективность использования экскаваторов-мехлопат на угольных разрезах / В.А. Хажиев // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – №6. – С. 21-26.
9. Дьяконов А.В. Повышение эксплуатационной надежности горного оборудования в условиях роста его производительности / А.В. Дьяконов, И.И. Емец, **В.А. Хажиев** // Уголь. – 2011. – № 3. – С. 52-54.
10. Кукаренко А.И. Роль организации производства при техническом перевооружении / А.И. Кукаренко, В.В. Ломовцев, А.В. Дьяконов, И.Г. Шестаков, **В.А. Хажиев** и др. // Уголь. – 2011. – № 6. – С. 70-72.
11. Пивоваров И.В. Совершенствование системы контроля технического состояния оборудования обогатительной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия» / И.В. Пивоваров, А.Н. Жоголев, И.В. Марьясов, **В.А. Хажиев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №5 (отдельный выпуск). – С. 178-188.
12. Беклемешев В.А. О структуре функционала главного механика угледобывающего предприятия / В.А. Беклемешев, Е.М. Вьюнов, А.Н. Кравец, **В.А. Хажиев** // Уголь. – 2015. – № 1. – С. 58-60.
13. Азев В.А. 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.
14. 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.
15. Садыков С.И. Функционал работников системы обеспечения работоспособности горного оборудования / С.И. Садыков, В.В. Фомин, Р.В. Ершов, **В.А. Хажиев** // Уголь. – 2016. – № 1. – С. 40-41.
16. Булгаков Е.С. Совершенствование системы эксплуатации и ремонта горношахтного оборудования / Е.С. Булгаков, С.А. Вормсбехер, В.Н. Дьячук, **В.А. Хажиев** // Уголь. – 2016. – № 2. – С. 83-84.
17. Фомин А.В. Об организации производства и труда на предприятиях Германии / А.В. Фомин, Д.Е. Горев, В.Ю. Натейкин, С.И. Захаров, **В.А. Хажиев** // Уголь. – 2016. – № 5. – С. 86-89.
18. Азев В.А. О балансе производительности и технической готовности оборудования / В.А. Азев, **В.А. Хажиев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №12 (специальный выпуск 34). – С. 66-73.
19. Килин А.Б. Развитие ремонтного обслуживания и эксплуатации автосамосвалов БелАЗ на разрезе «Черногорский» / А.Б. Килин, В.А. Азев, Г.Н. Шаповаленко, И.Н. Сухарьков, Е.А. Вакулин, Н.В. Султанова, **В.А. Хажиев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №12 (специальный выпуск 34). – С. 129-137.

20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. Заяц А.И. 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, **В.А. Хажиев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №12 (специальный выпуск 39). – С. 201-208.
24. Костарев А.С. О развитии взаимодействия персонала системы ремонтного обслуживания и эксплуатации оборудования / А.С. Костарев, Г.Н. Шаповаленко, И.Н. Сухарьков, С.Ф. Зубарев, **В.А. Хажиев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №12 (специальный выпуск 39). – С. 243-249.
25. Шаповаленко Г.Н. Организационные и технологические решения по повышению эффективности вскрышного комплекса разреза «Черногорский» / Г.Н. Шаповаленко, С.Н. Радионов, В.В. Горбунов, **В.А. Хажиев**, В.Ю. Заляднов, М.Э. Юсупов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (специальный выпуск 64). – С. 36-48.
26. Костарев А.С. Влияние системы оплаты труда ремонтного персонала на результаты его работы / А.С. Костарев, С.Ф. Зубарев, Е.И. Гнищак, **В.А. Хажиев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (специальный выпуск 64). – С. 82-88.
27. Вакулин Е.А. Оценка качества расследования и устранения причин отказов оборудования / Е.А. Вакулин, А.И. Заяц, В.А. Беклемешев, В.А. Ивашкевич, **В.А. Хажиев**, В.С. Байкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (специальный выпуск 64). – С. 116-126.
28. Мельник В.В. Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования / В.В. Мельник, И.Н. Сухарьков, **В.А. Хажиев** // Уголь. – 2019. – № 6. – С. 10-15.
29. Зубарев С.Ф. Значение сбалансированности экономических интересов работников в вопросах повышения производительности оборудования горнодобывающего предприятия / С.Ф. Зубарев, **В.А. Хажиев**, В.С. Байкин,

- Б.М. Габбасов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 12 (специальный выпуск 49). – С. 16-22.
30. Довженок А.С. Результаты мониторинга организации процесса эксплуатации карьерных автосамосвалов на разрезе «Черногорский» / А.С. Довженок, В.Б. Алексеенко, **В.А. Хажиев**, В.С. Байкин // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – №7. – С. 21-26.
31. Алексеенко В.Б. Декомпозиция целей и задач горного предприятия как средство совершенствования организационной структуры его подразделений / В.Б. Алексеенко, С.В. Корнилков, **В.А. Хажиев**, В.С. Байкин // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – №7. – С. 14-20.
32. Алексеенко В.Б. Показатели результативности совершенствования организационной структуры горного предприятия / В.Б. Алексеенко, С.В. Корнилков, **В.А. Хажиев** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – №4. – С. 41-47.
33. Азев В.А. Подход к повышению результативности развития горного предприятия / В.А. Азев, А.А. Гартман, **В.А. Хажиев** // Уголь. – 2021. – №11. – С. 27-32.
34. Азев В.А. 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.
35. **Хажиев В.А.** Концепция развития системы эксплуатации технологического комплекса горнодобывающего предприятия / В.А. Хажиев // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2. – С. 3-13.
36. **Хажиев В.А.** Методический подход к оценке эффективности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горного предприятия / В.А. Хажиев // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2. – С. 14-21.
37. **Хажиев В.А.** Оценка результативности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия / В.А. Хажиев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2022. – № 3. – С. 64-74.
38. **Хажиев В.А.** Исследование системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия / В.А. Хажиев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2022. – № 3. – С. 75-87.
39. Хорешок А.А. 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.

Статьи и доклады в научных сборниках, журналах и других изданиях

40. Жуков А.Л. Методика оценки использования технологических возможностей экскаваторов / А.Л. Жуков, С.И. Захаров, Л.Л. Царегородцев, **В.А. Хажиев** // 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.

41. Довженок А.С. Зависимость стоимости технического обслуживания и ремонта горного оборудования от уровня организационно-технологического обеспечения / А.С. Довженок, С.И. Захаров, **В.А. Хажиев** // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ», 2008. – С. 367-370.
42. Ушаков Ю.Ю. Влияние технологических условий экскаваторов-мехлопат на межремонтный период и объем ремонтных воздействий / Ю.Ю. Ушаков, **В.А. Хажиев** // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ», 2010. – С. 341-345.
43. Федоров А.В. Организация работы мощных экскаваторно-автомобильных комплексов на угольных разрезах Кузбасса / А.В. Федоров, В.С. Шахраюк, В.М. Янцижин, А.С. Мануильников, А.М. Макаров, А.Л. Жуков, **В.А. Хажиев**. – М: Горная книга, 2010. – 42 с.
44. Козьмин В.Л. Планирование ремонтов на основе расчета вероятности безотказной работы узлов горного оборудования / В.Л. Козьмин, И.И. Емец, В.В. Кузеванов, И.В. Марьясов, **В.А. Хажиев** // Добыча, обработка и применение природного камня: сборник научных трудов. Вып. 12. – Магнитогорск, 2012. – С. 74-76.
45. **Хажиев В.А.** 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, С.П. Маслюков // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2020. – №1. – С. 25-31.
46. **Хажиев В.А.** Совершенствование ремонтного обслуживания экскаваторно-автомобильных комплексов горных предприятий в условиях глобальных вызовов недропользования / В.А. Хажиев // 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.
47. **Хажиев В.А.** К вопросу оценки совокупной стоимости владения горным оборудованием / В.А. Хажиев, В.С. Байкин // 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.
48. Алексеенко В.Б. Исследование влияния гранулометрического состава отгружаемой скальной породы на техническое состояние экскаваторов рудоуправления ПАО «Ураласбест» / В.Б. Алексеенко, **В.А. Хажиев**, В.С. Байкин, Е.Ю. Лешков // 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.

Подписано в печать 28.03.2023
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 2,0.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman суг.
Печать лазерная. Тираж 150 экз. Заказ №2837/23.

Отпечатано в ПЦ «ПРИНТМЕД» (ИП Шарифулин Р. Г.)
454080, г. Челябинск, ул. Энтузиастов, 25а. Тел. +7 351 230-67-37.
E-mail: rinmed@mail.ru