

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»



На правах рукописи

ИВАНОВА ПОЛИНА ВИКТОРОВНА

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ НАРАБОТКИ
КАРЬЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА БОЛЬШОЙ
ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

Специальность 05.05.06 – Горные машины

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
д.т.н., профессор
Иванов Сергей Леонидович

Санкт-Петербург – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ГЛАВА 1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ | 11 |
| 1.1. Современное состояние и тенденции развития экскаваторостроения | 11 |
| 1.2. Эффективность эксплуатации карьерных электрических экскаваторов большой единичной мощности | 19 |
| 1.3. Оценка факторов, воздействующих на эксплуатацию карьерных экскаваторов | 23 |
| 1.3.1. Управление экскаватором | 26 |
| 1.3.2. Организация ведения горных работ..... | 28 |
| 1.3.3. Горно-геологические условия и качество подготовки забоя и горной массы | 30 |
| 1.3.4. Погодно-климатические условия эксплуатации | 34 |
| 1.3.5. Стратегии технического обслуживания и ремонта | 39 |
| 1.4. Оценка наработки карьерного электрического экскаватора большой единичной мощности | 43 |
| Выводы по главе 1 и задачи исследования | 44 |
| ГЛАВА 2. ПОТОК ОТКАЗОВ И НАРАБОТКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА НИХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ | 45 |
| 2.1. Анализ отказов мощных карьерных экскаваторов, эксплуатирующихся в АО «УК Кузбассразрезуголь»..... | 46 |
| 2.2. Оценка влияния факторов природно-техногенного характера на наработку карьерного экскаватора на основе информационной модели..... | 53 |
| 2.3. Алгоритм оценки влияния факторов воздействия природно-техногенного характера на техническое состояние и выработку ресурса карьерного экскаватора как стареющего объекта для формирования графика ремонтных работ..... | 60 |
| Выводы по главе 2 | 63 |
| ГЛАВА 3. ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ, КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ..... | 64 |
| 3.1. Индекс жесткости погоды как интегральный показатель влияния погодных условий.. | 64 |
| 3.2. Эффективность эксплуатации карьерных экскаваторов в функции изменения величины индекса жесткости погоды | 67 |

| | |
|--|-----|
| Выводы по главе 3 | 75 |
| ГЛАВА 4. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ БОЛЬШОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ..... | 76 |
| 4.1. Информационная модель прогнозирования и оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности..... | 76 |
| 4.2. Прикладная программа комплексной оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности в заданных условиях эксплуатации | 80 |
| 4.3. Результаты компьютерного моделирования с использованием прикладной программы комплексной оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности | 83 |
| 4.4. Уточнение и совершенствование графика проведения мероприятий по ТО и Р электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности..... | 90 |
| Выводы по главе 4 | 95 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 96 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 98 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. Промышленная эксплуатация карьерного экскаватора ЭКГ-32Р №1, эксплуатируемый АО УК «Кузбассразрезуголь» | 108 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Выдержки из регламента технического обслуживания и ремонта карьерного экскаватора..... | 118 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В. Справка о внедрении результатов диссертационной работы | 123 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Программа для ЭВМ: «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р»..... | 124 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р»..... | 131 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Определение рациональных длин стрелы, рукояти и вместимости ковша карьерного экскаватора»..... | 133 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Карьерные экскаваторы занимают важное место в технологическом процессе добычи полезных ископаемых открытым способом.

Как показывает практика, существенное влияние на наработку электрических карьерных экскаваторов оказывают факторы природно-техногенного воздействия, которые влияют на интенсивность потока отказов, величина которых зависит от степени воздействия этих факторов на горную машину. Так, не запланированные остановки карьерных экскаваторов, связанные с аварийными отказами могут достигать до 35% фонда рабочего времени.

Не учет этих факторов ведет к резкому снижению эффективности использования дорогостоящей горной техники. Так как, совместное естественное воздействие факторов природно-техногенного характера определяет интенсивность деградиционных процессов машины, и при отклонении величин этих воздействий от номинальных условий эксплуатации возрастает риск аварийных отказов.

Таким образом, решение научной задачи по выявлению закономерностей изменения наработки электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности с учетом воздействия на него природно-техногенных факторов является актуальной.

Степень разработанности темы исследования

Влиянием различных факторов, оказывающих воздействие на работоспособность карьерных экскаваторов, занимались такие ученые как: Андреева Л.И., Великанов В.С., Домбровский Н.Г., Квагинидзе В.С., Кох П.И., Красникова Т.И., Махно Д.Е., Морозов А.Г., Подэрни Р.Ю., Русихин В.И., Хажиев В.А., Чооду О.А., Шадрин А.И., Шибанов Д.А. и др.

Несмотря на значительный объем теоретических и экспериментальных исследований по выявлению изменения наработки карьерного экскаватора от воздействия на него факторов природно-техногенного характера, не найдено

окончательного решения и, в частности, не в полной мере раскрыт характер функциональных изменений наработки карьерного экскаватора от характера воздействия отдельных факторов и их интегрального влияния на интенсивность изменения технического состояния электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности, не достаточно глубоко изучен вопрос интенсивности протекания деградиционных процессов и применяемых стратегий технического обслуживания и ремонта, все это требует проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Целью исследования является установление закономерностей изменения наработки карьерного электрического экскаватора большой единичной мощности при его эксплуатации от интенсивности воздействия внешних факторов природно-техногенного характера в реальных условиях эксплуатации для обоснованного выбора стратегии технического обслуживания и ремонта и параметров системы ее реализации, технология проведения которой способствует повышению наработки между отказами карьерного экскаватора, что имеет существенное значение для развития горно-добывающей отрасли страны.

Идея исследования заключается в том, что наработка электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности, комплексно зависящая от проявления факторов природно-техногенного характера, описана алгоритмом и реализована в информационной модели комплексной оценки технического состояния и выработки ресурса электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности в реальных условиях его эксплуатации, позволяющая спрогнозировать наработку карьерного экскаватора, как стареющего объекта, с учетом изменения погодных условий, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий и применяемых стратегий технического обслуживания и ремонта.

Задачи исследования:

1. Анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований, полученных ранее по рассматриваемой тематике.
2. Сбор и анализ статистических данных по работе электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности.
3. Выявление функциональных зависимостей для оценки влияния факторов природно-техногенного воздействия на наработку электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности и его техническое состояние в процессе эксплуатации.
4. Разработка алгоритма и информационной модели комплексной оценки технического состояния и выработки ресурса электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности в зависимости от погодных условий, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий и применяемых стратегий технического обслуживания и ремонта для прогноза наработки карьерного экскаватора.
5. Разработка регламента и рекомендаций по корректировке графиков проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту электрического карьерного экскаватора.

Научная новизна исследования:

1. Выявлены функциональные зависимости изменения наработки при эксплуатации карьерных электрических экскаваторов большой единичной мощности от совместного воздействия факторов природно-техногенного характера: погодных условий, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий, с учетом старения объекта и применяемой стратегии технического обслуживания и ремонта, которые носят экспоненциальный характер, а показатели функции определяются величинами соответствующих факторов.
2. Разработан алгоритм и информационная модель комплексной оценки технического состояния и выработки ресурса электрического

карьерного экскаватора большой единичной мощности с учетом погодных условий, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий и применяемых стратегий технического обслуживания и ремонта для прогноза наработки карьерного экскаватора, как стареющего объекта.

Теоретическая и практическая значимость работы

Предложено оценивать влияние погодных условий на величину параметра потока отказов индексом жесткости погоды, который определяется среднемесячными значениями средней и абсолютной температуры, скорости ветра, влажности воздуха, солнечной радиации, рассеиванием температуры, количеством дней с туманами, бурями и метелями.

Комплексный показатель оценки влияния определяется отношением времени производительной работы экскаватора с учетом потерь времени, связанных с интенсификацией потока отказов, вызываемых ухудшением условий функционирования горной машины в зависимости от факторов природно-техногенного воздействия, отнесенных к наработке за рассматриваемый период для номинальных условий эксплуатации экскаватора большой единичной мощности.

Разработанная модель и программа используются для оценки комплексного влияния погодных условий, качества подготовки забоя, горно-геологических условий эксплуатации и стратегий технического обслуживания и ремонта на период эксплуатации электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности и прогноза наработки с последующей рекомендацией для проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту.

Результаты исследования использованы при разработке эксплуатационной и ремонтной документации в ООО «ИЗ-КАРТЕКС имени П.Г. Коробкова», в частности «Руководство по эксплуатации экскаваторов ЭКГ-32Р И ЭКГ-35К»; «Регламент технического обслуживания и ремонтов экскаваторов ЭКГ-32Р И ЭКГ-35К».

Методология и методы исследования

При решении поставленных задач используется комплексный подход, включающий научный анализ и обобщение ранее опубликованных исследований, обработку и анализ результатов производственных наблюдений, факторный анализ и компьютерное моделирование.

Соответствие паспорту специальности

Тема исследования соответствует п.5 «Повышение долговечности и надежности горных машин и оборудования», п.6 «Разработка и совершенствование технологических процессов с целью обеспечения высокого качества горных машин на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации с учетом специфики работы на горных предприятиях» области исследований паспорта специальности 05.05.06 Горные машины.

Положения, выносимые на защиту:

1. Интенсивность воздействия на деградационные процессы электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности оценивается комплексным показателем – индексом жесткости погоды, который зависит от абсолютных значений скорости ветра, влажности воздуха, солнечной радиации и максимальных и среднемесячных температур, достигая максимальных значений при низких отрицательных температурах, при этом с увеличением индекса жесткости погоды количество отказов карьерного экскаватора адекватно описывается экспоненциальной зависимостью.

2. Степень воздействия факторов природно-техногенного характера на наработку электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности, оцениваемая с применением информационной модели, учитывающей в конкретных условиях эксплуатации влияние погодных и горно-геологических условий, качество подготовки забоя и горной массы, а также принятой стратегии технического обслуживания и ремонта, позволяет обоснованно корректировать график регламентных работ экскаватора, как стареющего объекта, и анализировать эффективность возможных решений по его применению.

Степень достоверности и апробация результатов работы

Достоверность результатов работы подтверждается корректностью постановки задач исследований; представительным объемом достоверной статистической информации, для обработки которой использовался апробированный математический аппарат; теория построена на известных, проверяемых фактах и хорошо согласуется с данными производственных наблюдений; удовлетворительной сходимостью результатов моделирования с реальными процессами выработки карьерными экскаваторами ресурса, описанными в научной литературе и наблюдаемыми на производстве.

Основные положения работы, результаты теоретических и экспериментальных исследований докладывались и получили положительную оценку на Международных конференциях: 55 students scientific session (mining section) (г. Краков, 2014 г.); Международной научно-практической конференции «Наука и образование в жизни современного общества» (г. Тамбов, 2014 г.); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом» (г. Новосибирск, 2015 г.); трудов III международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» (г. Санкт-Петербург, 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование» (г. Санкт-Петербург, 2015 г.); IV международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» (г. Санкт-Петербург, 2016 г.); 12-я Международная конференция «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (г. Тула, 2016 г.); XXV международный симпозиум горнодобывающей отрасли – «Неделя горняка» (г. Москва, 2017 г.); XV международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека» (г. Екатеринбург, 2017 г.); VI Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2017)» (г. Томск, 2017г.); Международной

конференции «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018» (г. Санкт-Петербург, 2018 г.).

Личный вклад соискателя состоит в анализе факторов, влияющих на эксплуатацию электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности; в обработке и анализе результатов производственных наблюдений за работой экскаваторов ЭКГ-32Р; в обосновании индекса жесткости погоды – комплексного показателя, позволяющего учесть погодный фактор; в разработке алгоритма и информационной модели комплексной оценки технического состояния и величины ресурса электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности от погодных условий, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий и применяемых стратегий технического обслуживания и ремонта для прогноза наработки электрического карьерного экскаватора; разработке прикладной компьютерной программы, позволяющей прогнозировать наработку электрического карьерного экскаватора в заданных условиях эксплуатации.

Данные о публикациях автора

По результатам исследования опубликовано 17 печатных трудов, в том числе 5 статей в двух российских изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования России, в том числе два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Объем и структура диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и шести приложений. Материалы работы изложены на 134 страницах машинописного текста, в том числе содержат 12 таблиц, 55 рисунков. Список цитируемой литературы включает 106 источников.

ГЛАВА 1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

1.1. Современное состояние и тенденции развития экскаваторостроения

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом основным средством механизации больших объемов вскрышных и добычных работ являются экскаваторы.

В настоящее время выпускается достаточно большое количество различных моделей электрических и гидравлических карьерных экскаваторов. [20, 25, 40, 85]. На российском рынке представлены машины следующих фирм:

| <i>Мехлопаты</i> | <i>Гидравлические экскаваторы</i> |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| ООО «ИЗ КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» | |
| ПАО «Уралмашзавод» | |
| Cat Global Mining | |
| P&H Mining Equipment | |
| | Hitachi Construction Machinery |
| | Komatsu |
| | Liebherr |

Технические характеристики карьерных экскаваторов, представленных в настоящее время на российском рынке, варьируются в широких пределах: вместимость ковша составляет от 2 м³ до 64 м³, мощность главной силовой установки от 240 кВт до 4000 кВт, масса с противовесом от 70 т до 1100 т [40, 41].

По мере развития экскаваторостроения единичная мощность этих машин постепенно повышается. Диапазон вместимости ковшей остается примерно на одном уровне, что связано с большим разнообразием грузоподъемности, горно-транспортной техники, горнотехнических условий и производительности различных горнодобывающих предприятий, эксплуатирующих экскаваторы. Однако количество моделей экскаваторов с

большой вместимостью ковша увеличивается, так как появляются автосамосвалы соответствующей грузоподъемности.

Одними из важнейших показателей, характеризующих технический уровень карьерного экскаватора, являются удельная металлоемкость (т/м^3 вместимости ковша) и энерговооруженность (кВт/м^3 вместимости ковша). Удельная металлоемкость экскаваторов постепенно снижается, в настоящее время этот показатель в среднем на 15-20% ниже, чем на рубеже 80-х - 90-х годов прошлого века, и составляет 14-25 т/м^3 для импортных гидравлических экскаваторов типа прямая лопата (для отечественных 23-28 т/м^3), для импортных мехлопат 30-35 т/м^3 (для отечественных 38-55 т/м^3) [40, 41].

Металлоемкость отечественной техники выше, чем зарубежной, что объясняется требованиями безопасности грузоподъемных машин в РФ и закладываемыми при проектировании деталей машин коэффициентами запаса прочности. Однако ряд исследователей отмечают, что уменьшение массы экскаватора при прочих равных условиях имеет и отрицательный эффект, так как приводит к сильным вибрациям на рабочем месте машиниста и ухудшает условия его труда [40]. Энерговооруженность как гидравлических, так и канатных машин за последние 30 лет в среднем осталась практически на одном и том же уровне, при этом показатели отечественных и зарубежных машин вполне сопоставимы. Величина энерговооруженности различных моделей карьерных экскаваторов (прямых лопат) варьируется в широких пределах – от 35 кВт/м^3 до 100 кВт/м^3 . Удельная металлоемкость и энерговооруженность обратных лопат несколько выше [40]. Эти показатели для современных экскаваторов представлены на рисунке 1.1.

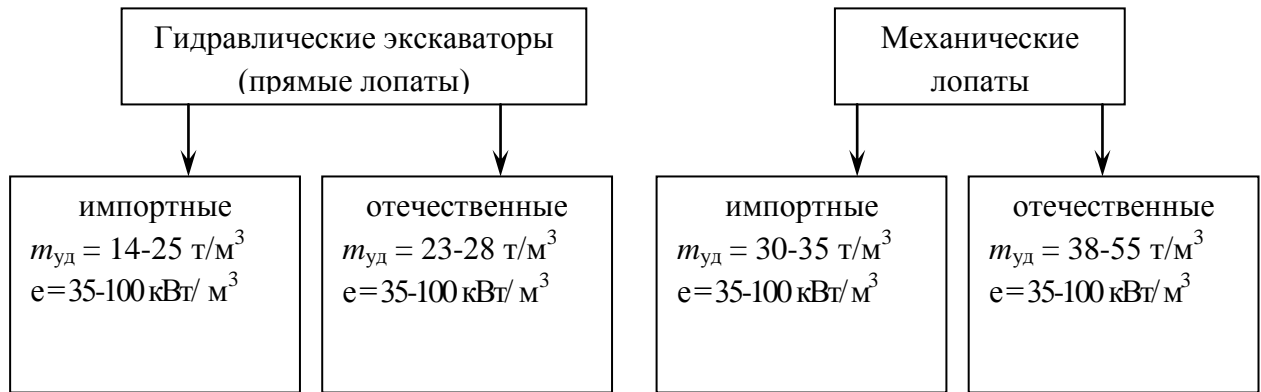


Рисунок 1.1 – Удельная металлоемкость ($m_{уд}$) и энерговооруженность (e) современных карьерных экскаваторов

Во всем мире наблюдалось достаточно быстрое увеличение в структуре экскаваторных парков доли гидравлических экскаваторов. Причины этого следующие [40, 62, 105].

1. Усилие копания, обеспечиваемое гидравлическим экскаватором в любом пространственном положении рабочего оборудования, имеет одну и ту же максимальную величину.

2. При той же установленной мощности и производительности гидравлические экскаваторы имеют меньшую массу.

3. Гидравлические экскаваторы, в отличие от мехлопат, обеспечивают возможность селективной выемки горной массы.

4. При зачистке подошвы уступа гидравлический экскаватор может выбирать остатки породы вплоть до откоса уступа благодаря возможности горизонтальной подачи ковша.

5. Возможность горизонтальной подачи ковша позволяет иметь высокий коэффициент его наполнения при работе на уступе небольшой высоты.

6. Кинематика рабочего оборудования гидравлического экскаватора позволяет производить зачистку подошвы уступа, а также захват и перемещение отдельных кусков горной массы как со склона, так и с горизонтальной площадки, т.е. гидравлический экскаватор по сравнению с мехлопатой в меньшей степени нуждается в подготовке рабочей площадки [40].

Все вышперечисленные преимущества объясняются возможностью передачи гидростатической энергии жидкости непосредственно на рабочий

орган практически в любом его положении и более сложной, чем у мехлопаты, кинематикой рабочего оборудования.

7. Подавляющее большинство гидравлических экскаваторов оснащаются дизельной силовой установкой, обеспечивающей хорошую мобильность машины и независимость ее работы от внешнего источника энергии. Электроприводом оснащаются только некоторые отечественные гидравлические экскаваторы и часть моделей фирмы Komatsu.

8. Многие экскаваторы могут оснащаться рабочим оборудованием как прямой, так и обратной лопаты, а также стандартной или удлиненной стрелой и сменными ковшами различного типа и вместимости в зависимости от горнотехнических условий, в которых они будут эксплуатироваться.

Проведенный анализ показывает, что технические характеристики одной и той же машины, приводимые в различных источниках, часто существенно различаются. Это объясняется постоянной модернизацией выпускаемых и предлагаемых к продаже экскаваторов, а также тем, что их комплектация может меняться в зависимости от требований заказчика. В то же время в связи с достаточной стабильностью рынка сбыта этих машин отмечается тенденция создания единого типоразмерного ряда гидравлических экскаваторов, отличающихся, в основном, лишь геометрическими размерами. При этом тип экскаватора в первую очередь определяется экономической выгодой и объемом производства. Крупные предприятия предпочитают более простые и надежные в эксплуатации экскаваторы типа мехлопата, т.к. гидравлические экскаваторы сложны и дорогостоящи в ремонте и обслуживании, требуют больших объемов горючего, стоимость которого постоянно растет. Мехлопаты имеют ряд преимуществ перед гидравлическими экскаваторами.

1. Гидравлический экскаватор имеет шарнирное сочленение рукояти и ковша со стрелой, что влечет за собой уменьшение радиуса черпания и вызывает необходимость располагать экскаватор ближе к откосу уступа, что ухудшает безопасность ведения выемочно-погрузочных работ.

Так, например, если у экскаватора ЭКГ-15 максимальная высота черпания (16,4 м) в 1,4 раза меньше радиуса черпания (22,6 м), то у гидравлических экскаваторов эти параметры сопоставимы [94]. В результате для обеспечения безопасности работы гидравлического экскаватора требуется значительно большая, чем для мехлопат, степень дробления породы и разделение уступа по высоте на подступы. Для механических лопат такой проблемы не существует.

2. Механические лопаты проще в изготовлении и обслуживании, дешевле гидравлических и не требуют создания сложной ремонтной базы.

3. Запасные части для ЭКГ доступнее по стоимости, не являются дефицитными; многие из них могут быть изготовлены на месте, так как для них не требуется столь высокая точность и малая шероховатость поверхности, как для деталей гидросистем.

4. В целом по своему конструктивному исполнению гидравлические экскаваторы сложнее канатных.

Анализ опыта совместной эксплуатации экскаваторов типа ЭКГ производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» и импортных гидравлических экскаваторов фирм Hitachi, Caterpillar и Orenstain&Koppel на карьере «Мурунтау» показывает, что по многим параметрам отличия в показателях работы незначительны, а по некоторым экскаваторы ЭКГ превосходят гидравлические [9]. Сравнительная технико-экономическая оценка показала, что в течение 6-7 лет работы темпы снижения производительности гидравлических экскаваторов существенно выше, чем у механических лопат, главным образом в связи с ростом аварийных простоев [6]. Средние затраты на содержание и ремонт одного гидравлического экскаватора в 3-4 раза больше, чем ЭКГ. В конечном счете в условиях карьера «Мурунтау» себестоимость погрузки горной массы гидравлическим экскаватором через 6-7 лет работы превышает этот показатель для мехлопаты почти в 3 раза [40, 94].

Динамика структуры мирового экскаваторного парка за последние 30 лет представлена на рисунке 1.2.

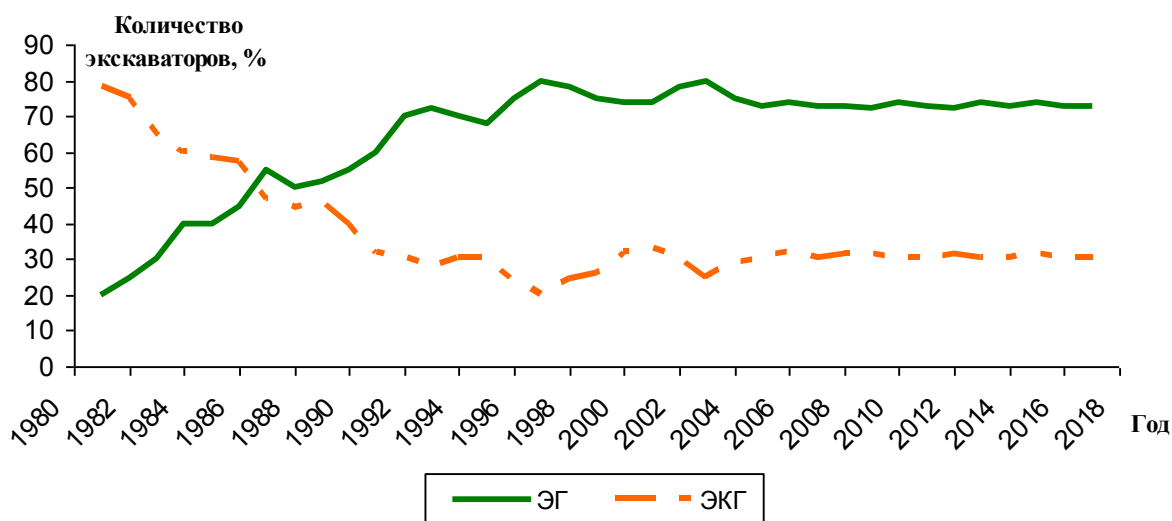


Рисунок 1.2 – Динамика структуры мирового экскаваторного парка

Из рисунка видно, что за последние 30 лет в мире доля гидравлических экскаваторов в структуре экскаваторного парка существенно возросла и к настоящему времени достигает 70% от их общего количества. В последние годы этот показатель стабилизировался, дальнейшего вытеснения мехлопат гидравлическими экскаваторами не происходит, что, видимо, объясняется указанными выше преимуществами канатных карьерных экскаваторов. На предприятиях России и стран СНГ карьерные экскаваторы с электромеханическим приводом традиционно составляют основную часть парка.

Стоимость импортных экскаваторов достаточно высока, что, несомненно, сдерживает их широкое использование в России и дает возможность отечественным производителям занять свою нишу на рынке этих машин [40, 84].

Рост спроса на карьерные гидравлические экскаваторы наблюдается с девяностых годов. Начиная с двухтысячных годов производство карьерных гидравлических экскаваторов превышает выпуск мехлопат в 3-5 раз. Но нужно иметь в виду, что в большинстве случаев (более 70%) речь идет о машинах с ковшем вместимостью менее 20 м³. При объеме ковша более 30 м³ гидравлические карьерные экскаваторы утрачивают свои технологические преимущества. Срок службы гидравлических экскаваторов в 2-3 раза меньше, чем у мехлопат [45].

Применение гидравлических экскаваторов в качестве основного технологического оборудования наиболее эффективно на карьерах малой и средней мощности со сроком эксплуатации до 10 лет, а также при ведении горных работ на удаленных карьерах с неустойчивым электроснабжением, например, при селективной выемке горной массы, работе в обводненных забоях и при разработке россыпей [40, 96].

На карьерах средней и большой мощности со сроком эксплуатации свыше 20 лет при разработке рудных, нерудных и пластовых месторождений полезных ископаемых в качестве основного технологического оборудования наиболее целесообразно использование канатных экскаваторов [40, 96]. Данные машины применяются не только на добычных и вскрышных работах при работе в комплексе с внутрикарьерным транспортом циклического действия, но также для переэкскавации горной массы на перегрузочных пунктах и при отвалообразовании.

Практика подтверждает, что карьерные экскаваторы с электромеханическим приводом в современных условиях не утратили своей роли основного технологического оборудования, широко применяемого при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. В наибольшей степени это касается экскаваторов большой единичной мощности, предназначенных для работы на крупных карьерах, имеющих большую производительность и проектируемых на длительный период. Это подтверждается структурой типажного ряда карьерных мехлопат ведущих мировых производителей данной техники, в частности, новой линейкой карьерных экскаваторов ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова».

Так, например, на предприятиях крупнейшей компании по добычи угля открытым способом АО «УК Кузбассразрезуголь», в состав которой входят шесть филиалов (угольных разрезов): «Кедровский», «Моховский», «Бачатский», «Краснобродский», «Галдинский» и «Калтанский» эксплуатируются порядка 270 экскаваторов различных конструкций и марок как отечественного, так и импортного производства [15, 57]. Как видно на

рисунке 1.3 из общего числа эксплуатируемой техники большую часть (64,8%) составляют экскаваторы типа «мехлопата», шагающие драглайны – 20,5% и гидравлические экскаваторы – 14,7% [47, 70].

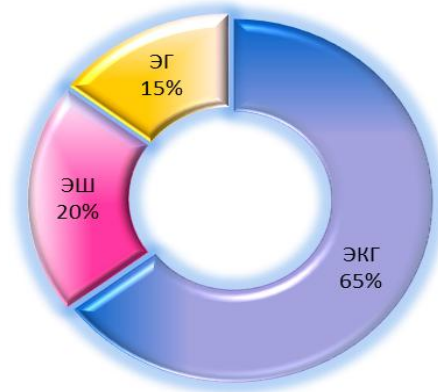


Рисунок 1.3 – Состояние экскаваторного парка АО «УК Кузбассразрезуголь»

Стратегия развития АО «УК Кузбассразрезугля» направлена на дальнейшее повышение качества и конкурентоспособности продукции и постепенный рост объемов добычи, в связи с этим предприятие ведет активное обновление и модернизацию экскаваторного парка оборудования, приобретение новых экскаваторов большой единичной мощности.

В настоящее время на угольных разрезах эксплуатируются самые большие машины в России, экскаваторы Р&Н-4100 импортного производства Р&Н Mining Equipment (США) с вместимостью ковша 56 м³. Также успешная добыча ведется экскаваторами ЭКГ-32Р отечественного производства, выпущенными ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» и введенными в эксплуатацию в 2012 г.

Однако, несмотря на обновление парка машин, предприятия также эксплуатируют машины морально и физически устаревшие, отработавшие нормативные сроки службы.

Как показал анализ состояния экскаваторного парка АО «УК Кузбассразрезуголь», относительный срок службы составляет 92,4%, а выработка ресурса – 71,6% [15, 27, 28].

Проанализировав рисунок и сопоставив данные о наличии обновленного парка карьерных экскаваторов можно сделать вывод о том, что какое-то время

будут эксплуатироваться и машины со сверхнормативным сроком службы, поэтому актуальной является задача по учету факторов, воздействующих на работоспособность машин и своевременное проведение мероприятий по ТО и Р с целью минимизации количества отказов.

1.2. Эффективность эксплуатации карьерных электрических экскаваторов большой единичной мощности

Практика работы крупных разрезов показывает, что длительное время основной парк выемочного оборудования составляли экскаваторы-мехлопаты с вместимостью ковша от 4,6 м³ до 12,5 м³. С начала XXI века крупные горные предприятия для снижения издержек, оптимизации горнотранспортных работ и увеличения объемов добычи проявляют интерес к более мощным и современным экскаваторам [95]. Отмечается тенденция постепенного смещения спроса крупных предприятий на экскаваторы большой единичной мощности с вместимостью ковша 20 м³ и более.

С увеличением срока службы карьерных экскаваторов снижается их производительность, что обусловлено объективными процессами естественного старения и, как следствие, снижением показателей надежности, возрастанием продолжительности аварийных простоев и, в итоге, ростом материальных и временных затрат на их ремонт и обслуживание. На рисунке 1.4 представлены зависимости среднегодовой производительности (годовой наработки) карьерных экскаваторов ЭКГ-5, ЭКГ-8И, ЭКГ-15, ЭКГ-20, М-201, М-301 в зависимости от срока службы [40, 96].

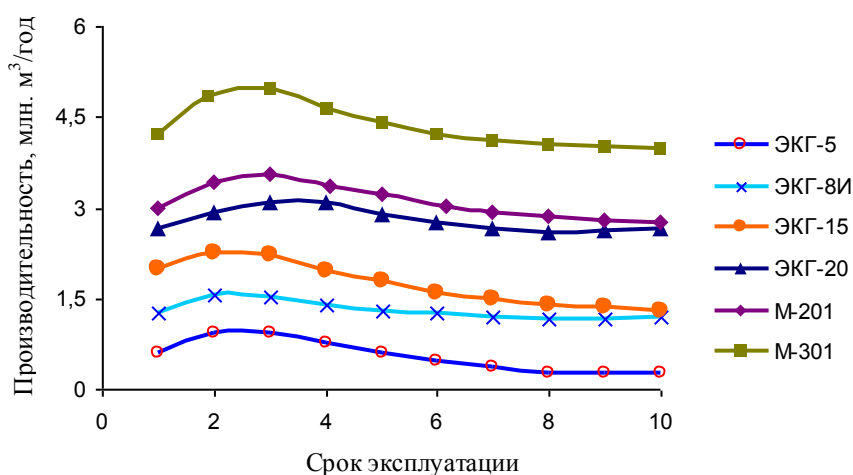


Рисунок 1.4 – Изменение среднегодовой производительности карьерных экскаваторов от срока его службы [96]

Из графиков, представленных на рисунке следует, что, за исключением первого года освоения новой машины, с возрастанием срока службы годовая наработка всех рассмотренных типоразмеров карьерных экскаваторов, независимо от их завода-изготовителя, имеет тенденцию к снижению.

В настоящее время парк карьерных экскаваторов на предприятиях России и стран СНГ представлен в основном экскаваторами типа ЭКГ отечественного производства, серийно выпускаемыми ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова»: ЭКГ-10, ЭКГ-15, ЭКГ-20К, ЭКГ-32Р, ЭКГ-35К [23, 24] и ПАО «Уралмашзавод»: ЭКГ-20, ЭКГ-30 [12, 40].

Карьерные экскаваторы ИЗ-КАРТЭКС составляют основу парка выемочно-погрузочного оборудования крупнейших горнодобывающих предприятий России и основных добывающих стран СНГ [80, 83].

В период 2007-2008 гг. ИЗ-КАРТЭКС принял стратегию развития новой линейки карьерных экскаваторов. Линейка представлена на сегодняшний день четырьмя типоразмерными группами (рисунок 1.5).

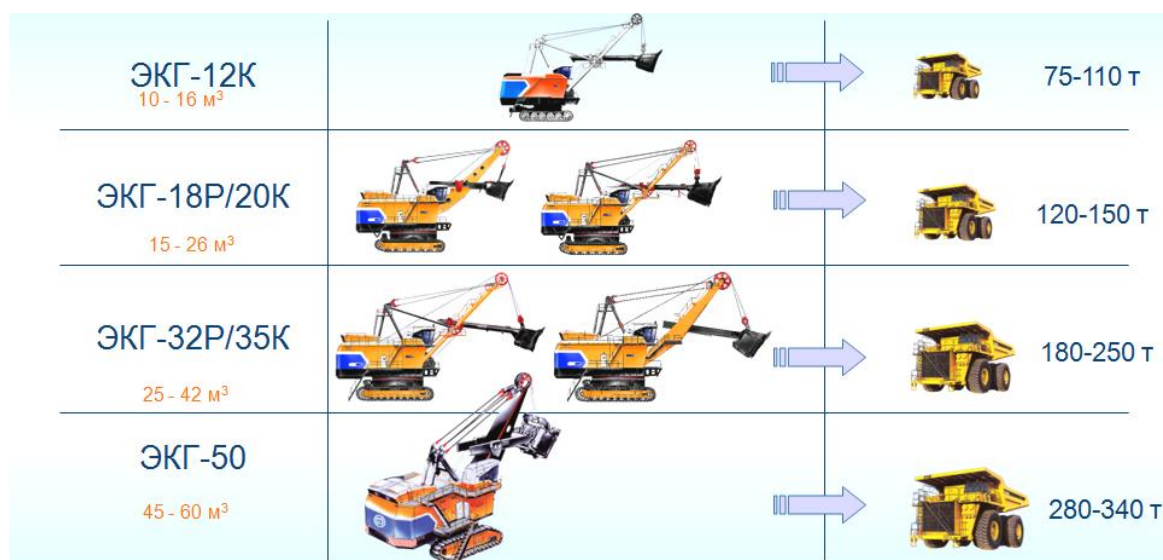


Рисунок 1.5 – Новая продуктовая линейка экскаваторов ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова»

Исторически в мире существует две основные принципиальные концепции исполнения электрических экскаваторов по типу напора – речные и канатные (в 2008 г. Висугус предложил гидравлическое исполнения напорного механизма, пока не получившее широкого распространения). С точки зрения технологии горных работ конструктивное исполнение экскаваторов-мехлопат не имеет принципиального значения, а предпочтение отдается экскаваторам, парк которых преобладает на предприятии [83].

Компания ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» выбрала стратегию преимущественного производства унифицированных экскаваторов II-й и III-й типоразмерных групп – рисунок 1.5. В зависимости от требований заказчика и условий работы экскаваторы могут поставляться с канатным (К) или речным (Р) исполнением рабочего оборудования в рамках единой базовой платформы, что является одним из главных конкурентных преимуществ, кроме того, позволяет унифицировать производство и снизить затраты на изготовление. Модели экскаваторов отличаются только конструкцией рабочего оборудования, к которому относятся ковш, стрела и рукоять, устанавливаемого в кронштейне поворотной платформы. Детали и узлы экскаваторов унифицированы на 80% [24, 83].

Так за период 2011-2013 гг. произведены и поставлены только на горнодобывающие предприятия АО «УК «Кузбассразрезуголь» 5 речных экскаваторов ЭКГ-18Р и 2 экскаватора ЭКГ-32Р [21, 22, 26].

На рисунке 1.6 представлено изменение месячной эксплуатационной производительности экскаваторов ЭКГ-18Р в условиях угольных разрезов АО «УК «Кузбассразрезуголь», а на рисунке 1.7 – сравнение месячного плана по отгрузке горной массы экскаваторами ЭКГ-18Р с их фактической месячной производительностью. Условия эксплуатации рассмотренных экскаваторов ЭКГ-18Р можно считать схожими, так как они эксплуатируются на одном месторождении, хотя и на разных разрезах [96].

В подтверждении ранее выявленной закономерности снижения наработки с увеличением возраста экскаватора (рисунок 1.4), по анализу изменения эксплуатационных показателей (рисунок 1.6) экскаваторов ЭКГ-18Р прослеживается тенденция уменьшения месячной эксплуатационной производительности всех экскаваторов.

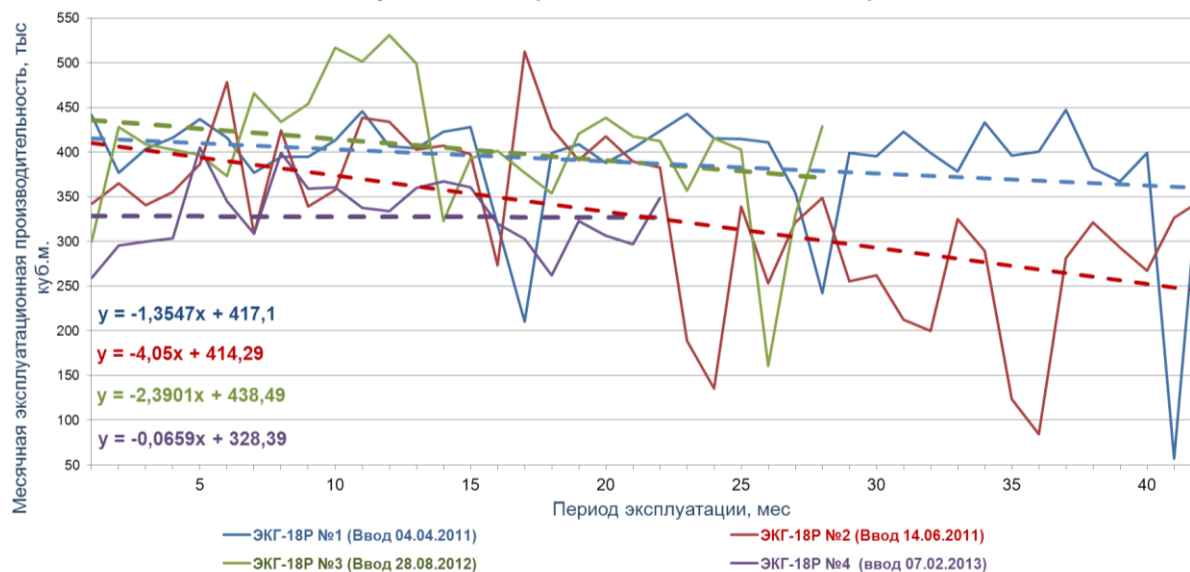


Рисунок 1.6 – Изменение месячной эксплуатационной производительности экскаваторов ЭКГ-18Р в условиях угольных разрезов АО «УК «Кузбассразрезуголь» [96]

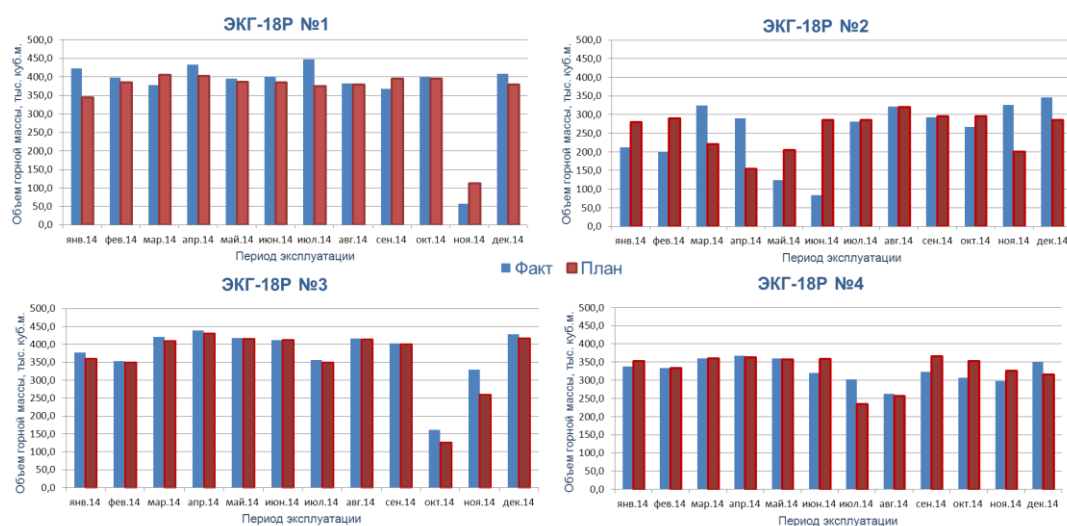


Рисунок 1.7 – Сравнение месячного плана по отгрузке горной массы экскаваторами ЭКГ-18Р с их фактической месячной производительностью за 2014 год [96]

Условия эксплуатации, как правило, не соответствуют единым нормам выработки (ЕНВ), что во многом обуславливает простои экскаваторов, связанные с аварийными отказами, которые составляют более 35% фонда рабочего времени.

1.3. Оценка факторов, воздействующих на эксплуатацию карьерных экскаваторов

По данным КАТЭКНИИУголь, наиболее длительные простои вызываются отказами трансмиссий, а также элементов рабочего оборудования, такими, как балка рукояти, болты крепления седлового подшипника и канаты. Причины выхода из строя механического оборудования распределяются следующим образом: на технологический фактор приходится 10% всех отказов, на организационный – 14%, на климатический – 17%, на машинный (технический) – 19% и человеко-машинный (личностный) – 40% отказов (рисунок 1.8) [3].

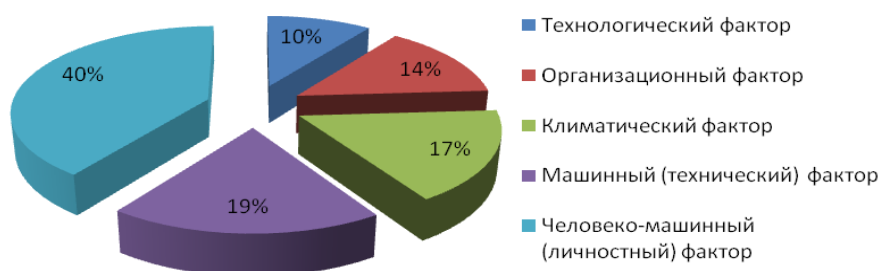


Рисунок 1.8 – Причины отказов механического оборудования

Большой удельный вес отказов сложной системы, которой является карьерный экскаватор, управляемый машинистом, вызванных техническим и личностным факторами, обусловлен чувствительностью механической системы экскаватора к ошибкам управления, наличием жесткой связи электромеханической системы приводов, непрерывном управлении движением ковша и взаимодействием с забоем. При этом теоретические и экспериментальные данные показывают, что интенсивность отказов элементов экскаваторов при разработке горных пород IV категории в среднем в пять раз выше, чем при разработке пород I категории, а в ряде случаев разнится на порядок [3, 90].

Вместе с тем, фактическое состояние эксплуатируемых экскаваторов, например парка АО УК «Кузбассразрезуголь», по результатам вибродиагностических обследований следует отнести к неудовлетворительному состоянию – 27 %, допустимому – 41 %, удовлетворительному – 18 %, и только 14 % к хорошему [3, 34].

Факторы, оказывающие существенное воздействие на изменение технического состояния карьерного экскаватора при его функционировании, можно разделить на две группы: эргатические факторы (факторы в системе «человек-машина») и факторы природно-техногенного воздействия. К первым следует отнести управление экскаватором и организацию ведения горных работ. К факторам природно-техногенного воздействия относятся: горно-геологические условия, качество подготовки забоя и горной массы, климатические условия и стратегии ТО и Р, оказывающие значительное влияние на работоспособность карьерных электрических экскаваторов вообще и большой единичной мощности в частности, их остаточный ресурс и обуславливает существенное отклонение наработки экскаваторов от ее номинальной величины, что приводит к значительным материальным потерям [97].

Карьерные экскаваторы проектируются для работы в конкретных условиях эксплуатации, которые для них будут номинальными, при этом

регламентируются: категория горной породы по трудности экскавации, средний размер куска, допустимый уклон рабочей площадки, климатические условия эксплуатации и т.д. Для карьерного экскаватора ЭКГ-32Р/35К, заводом-изготовителем заданы следующие номинальные условия (таблица 1.1) [99, 100].

Очевидно, что при эксплуатации экскаватора в условиях, отличающихся от номинальных, эффективность работы машины будет изменяться: в более тяжелых – снижаться, в легких – возрастать.

Основным источником информации о надежности горных машин является сбор и обработка эксплуатационных данных и наблюдений в конкретных горнотехнических условиях в течение всего срока службы горных машин по заранее определенному парку или в отдельные периоды ее работы, при этом не требуется никакой имитации работы горной машины [3].

Таблица 1.1 – Номинальные условия эксплуатации [99]

| Условия работы экскаваторов | ЭКГ-32Р /35К | ЭКГ-32РХЛ |
|--|--|-----------------------------------|
| Климатические условия | У1 по ГОСТ 15150-69 [29] | ХЛ1 по ГОСТ 15150-69 [29] |
| Температура окружающего воздуха | от минус 40 °С – до плюс 40 °С | от минус 60 °С – до плюс 40 °С |
| Высота над уровнем моря | не более 1000 м | |
| Окружающая среда | не взрывоопасна | |
| Колебание напряжения подводимого к экскаватору тока | в пределах от минус 5% до плюс 10% | |
| Допустимый угол наклона экскаватора при работе | не более 5° | |
| Разработка пород III, IV и V категории | должна производиться с предварительным рыхлением, обеспечивающим свободное размещение кусков породы в ковше, разработка пород I и II может производиться без предварительного рыхления | |
| Качественные показатели забоя | по ОСТ 24.072.11-80 | |
| Средневзвешенный размер куска в поперечнике | не более 300 мм | |
| Наличие негабаритной по ковшу фракции (более 2/3 наименьшего размера зева ковша) | не более 2%; | |
| Прочие условия | в забое не должно быть не взорванных участков, в том числе в подошве уступа | |

Очевидно, что однотипные машины, эксплуатирующиеся в один и тот же период времени, но с разной интенсивностью или в различных условиях, будут иметь различную интенсивность деградации их системы за один и тот же период времени – различный ресурс. Следовательно, можно утверждать, что срок службы экскаватора не является параметром, однозначно

характеризующим реальный, а не календарный «возраст» машины. Машина, отличающаяся меньшим остаточным ресурсом, при прочих равных условиях будет чаще и дольше находиться в ремонте из-за большего числа отказов и, соответственно, обеспечивать меньшую наработку. Таким образом, при выявлении закономерностей изменения наработки карьерных электрических экскаваторов большой единичной мощности целесообразно учитывать возраст машины с учетом особенностей ее предыдущей эксплуатации.

Первоначальной задачей исследования является установление распределения отказов карьерных экскаваторов по отдельным узлам машины, причем анализируется не только количество отказов, но и затраты времени на их устранение. Результаты такого анализа дают возможность определить наименее надежные системы экскаватора, определить причины отказов и значимость влияния отдельных факторов на интенсивность потока отказов и время восстановления [3].

1.3.1. Управление экскаватором

Успешное функционирование горного предприятия зависит не только от инновационного потенциала и высокого технического оснащения, но и от квалификации персонала.

Квалификация машиниста во многом определяет производительность экскаватора и уровень эксплуатационной надежности машин [46, 60].

Известны несколько методов оценки уровня квалификации машиниста экскаватора. Например, в работах П.И. Коха предлагается оценивать качество работы машиниста коэффициентом управления k_y , определяемым следующим образом [51, 60]:

$$k_y = \frac{T_{\tau}}{T_{\phi}}, \quad (1.1)$$

где T_{τ} – теоретическое время цикла экскавации, с; T_{ϕ} – фактическое время цикла экскавации, с.

В качестве фактического времени цикла экскавации рекомендуется принимать среднестатистическое значение времени цикла, полученное путем хронометражных наблюдений за работой машиниста в заданных условиях эксплуатации машины. Методика учитывает лишь временной фактор без фиксирования объема отгружаемой горной массы, при этом уменьшение времени цикла может быть обеспечено за счет неполной загрузки ковша и, соответственно, уменьшения наработки экскаватора [69].

Н.Г. Домбровский предлагает в качестве критерия оценки уровня квалификации машиниста применять коэффициент k_m , определяемый как отношение фактической (эксплуатационной) и технической производительности экскаватора [32, 69]:

$$k_m = \frac{Q_\phi}{Q_T}, \quad (1.2)$$

где Q_ϕ – фактическая производительность экскаватора, м³/ч; Q_T – техническая производительность машины, м³/ч.

Принятый Н.Г. Домбровским критерий оценки квалификации более полно характеризует работу машиниста экскаватора. Затруднения возникают лишь в связи с необходимостью расчета технической производительности экскаватора в конкретных условиях эксплуатации и определения фактической (эксплуатационной) наработки машины [69].

Согласно требованию руководства по эксплуатации карьерных экскаваторов большой единичной мощности, к которым относят машины с вместимостью ковша более 15 м³, машинист экскаватора должен иметь опыт работы на подобном оборудовании не менее 5 лет [96]. Поскольку квалификация машиниста с течением времени повышается, то можно считать обоснованным для базовой стажевой группы принять стаж машиниста 10 лет и более.

В работах [16, 96] приводится ранжирование квалификации машинистов экскаваторов на три стажевые группы: менее 5 лет, 5-10 лет и более 10 лет и оценка зависимости производительности и наработки на отказ рабочего

оборудования карьерных экскаваторов цикличного действия от квалификации машиниста. Установлено, что машинисты экскаваторов в рассматриваемых стажевых группах работают в разных скоростных диапазонах. Например, наработка на отказ рабочего оборудования карьерного экскаватора, управляемого машинистом стажевой группы «менее 5 лет», отличается от базовой в 6 раз, а для карьерного экскаватора, управляемого машинистом стажевой группы «5-10 лет» – в 1,7 раза [17, 98].

Анализу влияния управления карьерными экскаваторами на производительность и уровень эксплуатационной надежности машин посвящено большое количество научных исследований, выполненных на стыке технических и психологических наук, результаты которых представляются достаточно полными для оценки наработки карьерных экскаваторов, и в дальнейшем для решения поставленных в работе задач рассматриваться и уточняться не будут.

1.3.2. Организация ведения горных работ

Эффективность эксплуатации горного оборудования определяется воздействием комплекса факторов, среди которых значительную долю занимают организационные: периодичность и качество проведения взрывных работ, оптимальность экскаваторно-транспортного комплекса, своевременное проведение и технология ремонтов вспомогательного оборудования, надежность энергоснабжения, которые оказывают существенное влияние как на технологически необходимые, так и на внеплановые простои карьерных экскаваторов.

Периодичность проведения взрывных работ будет определять технологически необходимые простои карьерного экскаватора, а качество их проведения, в частности, наличие или отсутствие отказов при взрыве будет определять наличие и продолжительность внеплановых простоев. Качество проведения взрывных работ определяется применяемыми взрывчатыми

материалами и средствами инициирования, а также степенью их соответствия условиям выполнения взрывных работ и квалификацией взрывников.

Под оптимальностью экскаваторно-транспортного комплекса следует понимать соответствие технических характеристик экскаватора техническим характеристикам автосамосвала. В мировой практике ведения горных работ погрузка самосвала за 3-5 циклов экскавации считается оптимальной. При большем количестве циклов увеличивается время погрузки, и соответственно, уменьшается сменная производительность экскаватора, минимальное количество циклов погрузки ограничивается работоспособностью амортизирующих устройств транспортного средства.

Несвоевременное проведение и низкое качество ремонтов вспомогательного оборудования являются причинами внеплановых простоев карьерных экскаваторов, например, из-за отсутствия работоспособного бульдозера и, как следствие, не подготовленной рабочей площадки, или из-за отсутствия работоспособной зарядной машины и, как следствие, простоя экскаватора, связанного со сверхнормативным ожиданием проведения взрывных работ, и т.д.

Практика эксплуатации карьерных экскаваторов на горнодобывающих предприятиях показала, что потери рабочего времени, связанные с непроизводительной работой техники, включающие в себя технологически необходимые простои и внеплановые остановы, довольно значительны (см. таблица 1.2) [53].

Из таблицы следует, что из фонда календарного времени (8760 ч) на технологически необходимые простои приходится 24 %, на непланируемые простои – 10 % и плановый ремонт составляет 7 %. Время нахождения экскаватора в работоспособном состоянии, в том числе непосредственного функционирования составляет 59 % от фонда календарного времени.

Таблица 1.2 – Структура годового календарного фонда времени эксплуатации и ремонта экскаваторов на карьере «Сарбайский», ч [53]

| Время работы экскаватора | Технологически необходимые остановы | | | | | | Непланируемые остановы или потери времени | | | | | Время ремонта |
|---|--|------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|---|---|------------------|--|----------------|--|---------------|
| | Время нахождения в исправном состоянии | БВР | ТО, приемка-сдача смены | Перегон экскаватора | Горно-подготовительные работы | Перекладка ж/д пути, контактной сети, перестройка ЛЭП | Резерв с экипажем | Временный отстой | Отсутствие фронта работ, э/э, ж/д и а/транспорта | Прочие простои | Ожидание ремонта из-за отсутствия з/частей | |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| в том числе непосредственного функционирования | | | | | | | | | | | | |
| 0,7 | 0,13 | 0,06 | 0,05 | 0,7 | 0,02 | 0,04 | 0,69 | 0,16 | 0,06 | 0,01 | 0,08 | |
| 59% | 24% | | | | | | 10% | | | | | 7% |
| Фонд календарного времени (8760 ч) – 100 % | | | | | | | | | | | | |

1.3.3. Горно-геологические условия и качество подготовки забоя и горной массы

Горно-геологические условия разработки месторождений и качество подготовки забоя и горной массы оказывают существенное влияние на надежность и производительность горного оборудования.

Определение внешних нагрузок на рабочее оборудование одноковшовых карьерных экскаваторов и их работоспособности в зависимости от характеристик разрабатываемой породы рассмотрены в работах Н.Г. Домбровского, Ю.И. Белякова, В.Р. Кубачека, В.И. Русихина, В.С. Квагинидзе [13, 20, 34, 53, 79]. Широкое распространение получила классификация горных пород по трудности экскавации по единым нормам выработки (ЕНВ), представленная в таблице 1.3. В ней же приведены значения коэффициентов k_n и k_p – наполнения ковша и разрыхления горной породы, характерные для данной категории горных пород.

Качество подготовки горной массы для экскавации является одним из важнейших условий, определяющих эксплуатационную производительность экскаваторов. Такой показатель качества подготовки горной массы, как средний размер куска зависит от ряда факторов: физико-механические свойства горных пород (крепость, взрываемость, трещиноватость), обводненность

массива, параметры БВР, погодные условия и существенно влияет на надежность и наработку карьерных экскаваторов [18]. Повышение процента выхода негабарита, сверх нормативного влечет за собой увеличение перегрузок при работе техники.

Таблица 1.3 – Классификация горных пород по трудности экскавации [11]

| Категории горных пород по трудности экскавации (по ЕНВ) | Характеристика пород | k_p | k_n |
|---|---|-------|-------|
| I | Торф и растительный грунт; песок; супесок; суглинок лессовидный; руды марганцево-песчаные окисные | 1,15 | 1,05 |
| II | Глина бентонитовая; угли бурые и каменные, слабые (мягкие); суглинок тяжелый, плотный; руды ашаритовые, плотные; руды марганцевые, карбонатные, слабые; лёсс с гравием и галькой | 1,25 | 1,05 |
| III | Суглинок тяжелый, плотный; руды марганцевые, карбонатные, слабые; лёсс с гравием и галькой; туф и пемза; угли бурые и каменные, крепкие; сланцы глинисто-углистые; рыхлые, дуниты и перидотиты разрушенные; глина сланцевая, тяжелая, ломовая; бокситы слабые; руды марганцевые, карбонатные, монолитные, плотные; угли каменные, с прослойками углистых сланцев, глин и «плиты»; руды баритовые | 1,35 | 0,95 |
| IV | Суглинок тяжелый, плотный; руды ашаритовые, плотные; руды марганцевые, карбонатные, слабые; лёсс с гравием и галькой; туф и пемза; Угли бурые и каменные, крепкие; сланцы глинисто-углистые; глина сланцевая, тяжелая, ломовая; бокситы слабые; руды марганцевые, карбонатные, монолитные, плотные; угли каменные, с прослойками углистых сланцев, глин и «плиты»; боксит крепкий; сланцы крепкие; известняки крепкие, мраморизированные; граниты крупно и среднезернистые, габбро, сиениты, диориты, | 1,5 | 0,9 |
| V | Граниты крепкие мелкозернистые; руды магнетитовые и магнетито-мартиновые, мелкозернистые, крепкие; руды магнетито-гематитовые, мелкозернистые; железняки магнитные с прослойками скарна; руды свинцово-цинковые баритовые | 1,6 | 0,9 |

В любом случае для обеспечения возможности работы экскаватора в данном забое должно выполняться условие, согласно которому максимальный размер куска взорванной горной массы не должен превышать $2/3$ зева ковша. Оценка степени использования геометрической вместимости ковша по отношению к объему горной породы в целике характеризуется коэффициентом

экскавации K_3 , который определяется по формуле (1.3) и равен отношению коэффициента наполнения ковша к коэффициенту разрыхления горной массы.

$$K_3 = \frac{k_n}{k_p}, \quad (1.3)$$

где k_n – коэффициент наполнения ковша согласно категории горных пород по трудности экскавации по единым нормам выработки (ЕНВ); k_p – коэффициент разрыхления горной массы для конкретной категории горных пород.

Как указывалось выше, значительное влияние на эффективность экскавации оказывает процент выхода негабарита. Наличие негабарита во взорванной горной массе может привести к внеплановым простоям экскаватора, вызванным необходимостью взрывного или механического дробления негабарита или его удаления с рабочей площадки.

Влиянию качества подготовки забоя и горной массы на режимы нагружения рабочего оборудования и подъемных механизмов экскаваторов посвящены работы Л.И. Барона, П.А. Касьянова [10, 44].

При экскавации взорванной горной массы сила сопротивления копанию напрямую зависит от качества подготовки забоя, причем в большинстве случаев снижение объема породы крупных фракций в грансоставе забоя [79], оказывается более эффективным решением, позволяющим снизить интенсивность потока отказов и сохранить работоспособность горной машины на требуемом уровне, чем конструктивные изменения самой машины [96]. Влияние качества подготовки горной массы на изменение технического состояния одноковшовых карьерных экскаваторов наиболее подробно рассмотрено в работе Т.И. Красниковой [53], в которой предлагается состояние забоя и рабочей площадки оценивать по трехбалльной шкале: хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное.

Хорошее состояние забоя и экскаватора характеризуется следующими значениями показателей: время производительной работы оборудования более 5000 машино-часов; отсутствие «негабаритов»; кусковатость породы 150-300 мм (4-8% зева ковша экскаватора ЭКГ-32Р); наклон рабочей площадки менее 3°.

Удовлетворительное – время производительной работы оборудования 1500-2500 машино-часов; наличие «негабаритов»; кусковатость породы 300-400 мм (8-10% зева ковша экскаватора ЭКГ-32Р); наклон рабочей площадки близкой 3°.

Разница в состоянии забоя и неудовлетворительное отличается от «хорошего» по времени производительной работы примерно в 3,3 раза; наличие «негабаритов»; кусковатость породы более 400 мм (более 10% зева ковша экскаватора ЭКГ-32Р); наклон рабочей площадки более 3° [53].

Состояние и качество подготовки забоя, которое характеризуется гранулометрическим составом взорванного массива, наличием негабарита значительно снижают ресурс узлов и механизмов экскаватора [44].

Наблюдения за работой карьерных экскаваторов на угольных предприятиях Кузбасса показали, что машины периодически эксплуатируются на рабочих площадках с превышением допустимых углов наклона, а также при недостаточной степени дробления горной массы при ее подготовке к выемке. Возникающие при экскавации крупных кусков породы динамические и ударные нагрузки, а также неизбежная в данных условиях периодическая работа машин в режиме стопорения ковша приводят к интенсивному износу зубьев зубчатых колес редукторов, перегрузке и трещинообразованию в металлоконструкциях, интенсивному износу и накоплению усталостных повреждений в канатах, выходу из строя механизмов хода, подъема, напора и поворота [15, 56].

Эффективность эксплуатации карьерных экскаваторов напрямую зависит от надежности основных узлов машины. Наличие негабарита приводит к увеличению динамической составляющей внешней нагрузки и влечет за собой появление дополнительных значительных напряжений в деталях машин и элементов конструкций карьерного экскаватора. Как следствие, это приводит к увеличению количества отказов, и соответственно, к увеличению продолжительности и трудоемкости внеплановых ремонтов.

На рисунке 1.9 представлена экспериментальная зависимость количества отказов в квартал от выхода негабарита, из которой следует, что с увеличением выхода негабарита количество отказов увеличивается по экспоненциальному закону [53, 79].

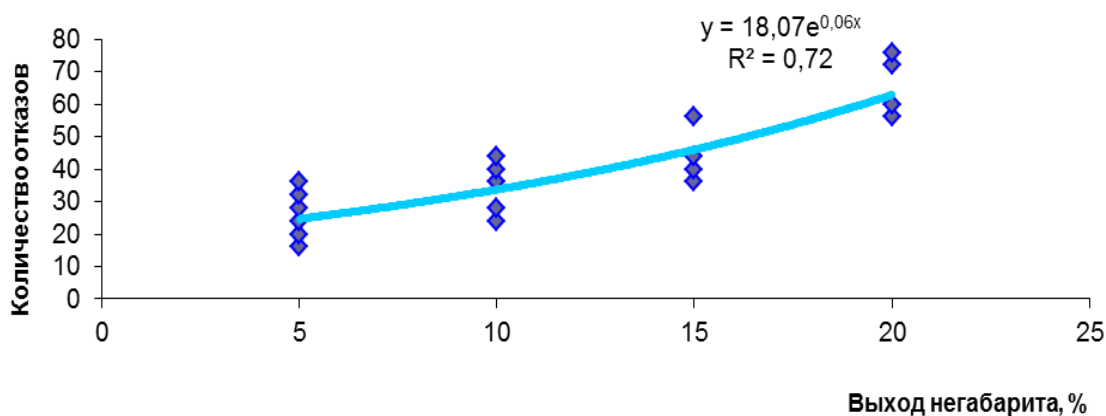


Рисунок 1.9 – Зависимость количества отказов от выхода негабарита

Следовательно, по состоянию экскаваторного забоя можно судить об интенсивности выработки ресурса машины и, соответственно, величине ее наработки [74].

Горно-геологические условия и качество подготовки забоя и горной массы оказывают существенное влияние на эффективность эксплуатации карьерных экскаваторов. Большой объем научных исследований, выполненных в МГИ (Московский горный институт), ФГБОУ ВПО УГГУ, ОАО «НТЦ-НИИОГР» и других организациях позволяют сделать вывод о достаточности достоверных материалов авторов для уяснения характера исследуемых явлений на надежность экспериментов, однако эти материалы требуют обобщения для выявления функциональных зависимостей по оценке изменения наработки карьерных экскаваторов в функции процента выхода негабарита, качества подготовки рабочей площадки и горно-геологических условий.

1.3.4. Погодно-климатические условия эксплуатации

Горные машины, и, в частности, карьерные экскаваторы эксплуатируются в различных климатических районах земного шара: как в чрезвычайно-

холодных погодных условиях, так и чрезвычайно-жарких [61, 96]. Например, в России на предприятиях Дальневосточного и Сибирского федеральных округов, где температура воздуха в зимний период достигает минус 60°C и на горнодобывающих предприятиях Вьетнама, Индии, Казахстана, Монголии, Узбекистана, где температура воздуха в летний период достигает 50°C.

Наибольшее влияние оказывают: солнечная радиация, низкие и высокие температуры, влажность воздуха, скорость ветра, влага в виде осадков и тумана, метели, снежные бури и др. Изменения свойств материалов горной машины зависят также от интенсивности и продолжительности воздействия перечисленных факторов и их сочетания [43].

Действие солнечной радиации на конструктивные элементы машин вызывает повышение их температуры, способствуют снижению эффективности охлаждения высоконагруженных узлов (редукторов, гидроцилиндров и т.д.), изменению параметров смазок, масел, гидравлических жидкостей, снижению их смазывающей способности и, как следствие, интенсификации процесса изнашивания пар трения [43].

При повышенных температурах ускоряется старение полимерных материалов. На машиниста экскаватора негативно влияет некомфортность среды – повышается утомляемость, снижается концентрация внимания, скорость реакции и работоспособность в целом [38, 98].

Низкие температуры воздуха не только весьма существенно влияют на изменения основных физико-механических свойств материалов, но и изменяют условия работы узлов и деталей машин вследствие попадания снега в открытые механизмы, образования инея и наледей [43, 87].

Влажность воздуха способствует повышению интенсивности коррозии металлов, окислению контактов электрических аппаратов и приборов.

Скорость ветра действует на машины как силовой (нагрузочный) фактор, а неся абразивные частицы, способствует коррозии и износу, повышению абразива в смазки и т.д.

Влиянию низких температур на работоспособность карьерных экскаваторов посвящены работы: Д.Е. Махно, В.И. Русихин, А.И. Шадрин [59, 60, 69, 79, 94]. Авторы указывают, что погодные условия играют существенную роль при ведении горных работ. Так, производительность экскаваторов при эксплуатации в температурных режимах от минус 60 °С до плюс 50 °С отличается в 1,6-2,0 раза [43, 95].

Как следует из вышеизложенного, климатический фактор является комплексным, включающим в себя воздействия множества параметров, таких как температура воздуха окружающей среды, влажность воздуха, скорость ветра и др.

Комплексное влияние погодных условий, влияющих на эффективность эксплуатации карьерных экскаваторов, представлено на схеме-рисунке 1.10 [43, 49, 91].

Для оценки влияния погодного фактора на надежность машин используется показатель, получивший название техническая жесткость климата, предложенный П.И. Кохом [50, 51], который оценивается отдельно для жаркого S_k (формула 1.4) и холодного N_k (формула 1.5) климата соответственно (1.4) [43, 65]:

$$S_k = (0,55t_{max\text{ ср}} + 0,2t_{max\text{ абс}})(1 + 0,01Q_T)(1 + 0,0075\sigma_T)(1 - 0,03v_T) \left(1 + \frac{0,08}{\varphi_T}\right) \times \\ \times (1 + 0,009n_{\text{б.т}})(1 + 0,012\tau_T) \quad (1.4)$$

$$N_k = \left(\frac{3}{4}t_{min\text{ ср}} + \frac{1}{4}t_{min\text{ абс}}\right)(1 + 0,015\sigma_X)(1 + 0,07v_X)(1 + 0,26\varphi_X) \times \\ \times (1 + 0,014n_{\text{т.м}})(1 + 0,022\tau_X), \quad (1.5)$$

где: $t_{max\text{ ср}}$, $t_{min\text{ ср}}$ – средний максимум/минимум температуры воздуха за три наиболее холодных месяца, °С; $t_{max\text{ абс}}$, $t_{min\text{ абс}}$ – среднее значение абсолютного максимума/минимума температуры воздуха за три наиболее холодных месяца, °С; Q_T – среднее значение суммарной солнечной радиации за три наиболее теплых месяца, ккал/см²; σ_T , σ_X – средняя амплитуда суточных колебаний температуры воздуха за три наиболее теплых/холодных месяца, °С; v_T , v_X – средняя скорость ветра за три наиболее теплых/холодных месяца, м/с; φ_T , φ_X – среднее значение

относительной влажности воздуха за три наиболее теплых/холодных месяца, доли единицы; $n_{б.т.}$, $n_{т.м.}$ – среднее значение числа дней с туманом, метелью и пыльной бурей за три наиболее теплых/холодных месяца; τ_t , τ_x – продолжительность действия в месяцах средней температуры воздуха выше/ниже 0 °С [43, 65].

Анализ технической жесткости климата по П.И. Коху не дает возможности в полной мере оценить влияние погодного фактора на надежность карьерных экскаваторов, так как в течение календарного года одна и та же машина испытывает различные погодные воздействия.

Из диаграммы, представленной на рисунке 1.8 следует, что с климатическим фактором связано 17% отказов механического оборудования карьерных экскаваторов, что весьма значительно.

Учитывая значимость погодно-климатических условий эксплуатации, а также указанные выше недостатки существующих методик оценки влияния погодного фактора на надежность карьерных экскаваторов, представляется целесообразным дополнительно исследовать данный вопрос для решения поставленных задач в данной работе.

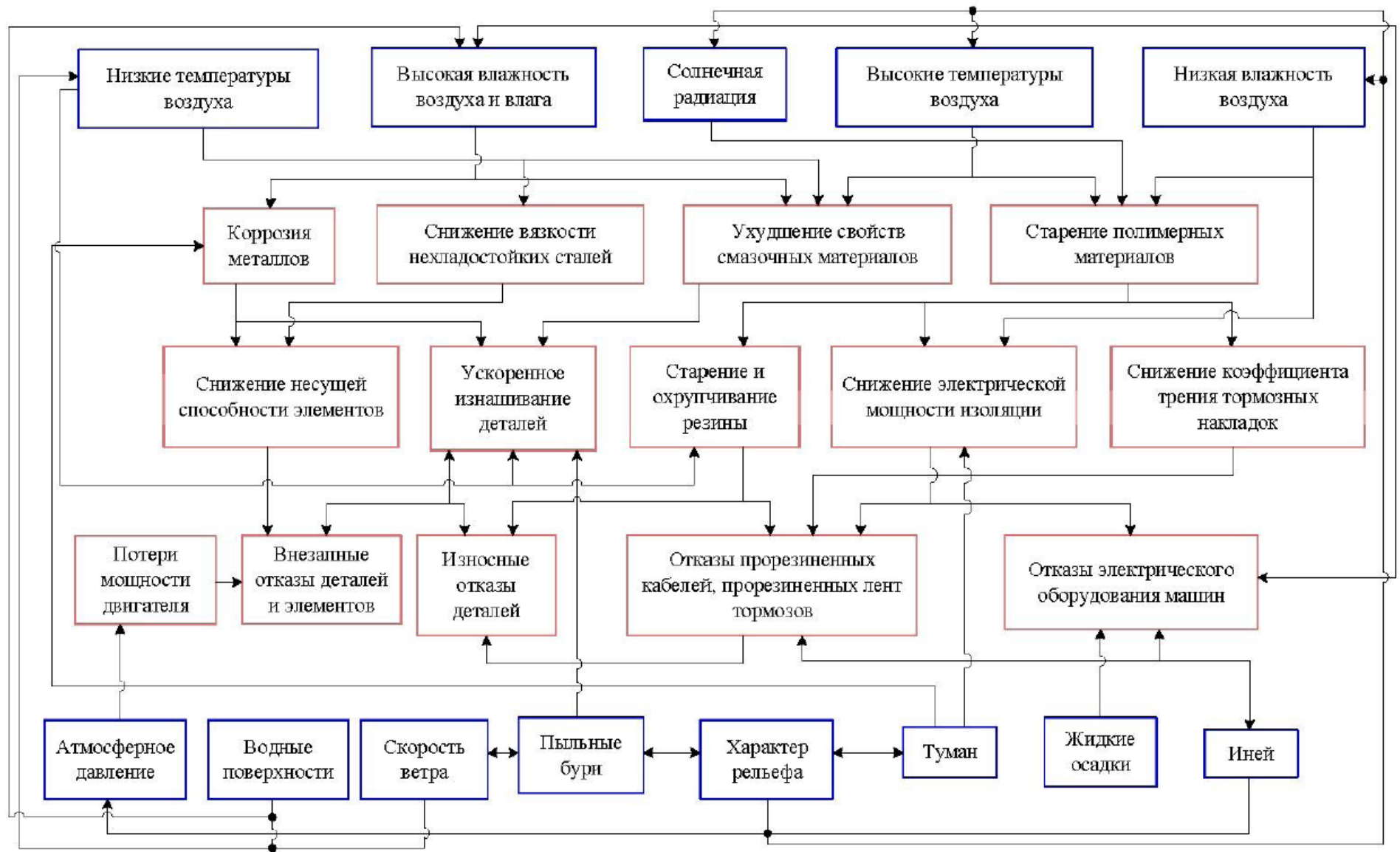


Рисунок 1.10 – Схема комплексного влияния основных погодных условий на работоспособность горных машин [43]

1.3.5. Стратегии технического обслуживания и ремонта

Эффективная эксплуатация и надежность карьерных экскаваторов в значительной степени определяется условием систематического и качественного проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту оборудования (ТО и Р) [1, 2, 19, 83, 89].

Согласно ГОСТ 18322-2016 «Система технического обслуживания и ремонта техники» [30], под техническим обслуживанием понимают комплекс работ по поддержанию работоспособности или исправности машин при подготовке и использовании их по назначению, а также при хранении и транспортировании. Ремонт – комплекс технологических работ по восстановлению работоспособности, исправности и ресурса машины. Система технического обслуживания и ремонта – комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту машин в заданных условиях эксплуатации для обеспечения показателей качества, предусмотренных нормативной документацией [30, 56].

В настоящее время на отечественных горных предприятиях существуют следующие проблемы, связанные с обеспечением работоспособности горного оборудования и, в частности, экскаваторного парка так или иначе связанные с техническим обслуживанием и ремонтом этих горных машин [19, 35, 92, 104]:

- большой разброс по типам карьерных экскаваторов с различным сроком службы в составе одного парка и подходами к их техническому обслуживанию;
- неэффективная организация технического обслуживания и ремонта оборудования;
- высокие затраты на обслуживание и ремонт карьерной техники что снижает рентабельность горных работ;
- недоиспользование трудового потенциала специалистов и рабочих [82, 96].

Как показывает современная практика, для поддержания технического состояния (ТС) горных машин на необходимом уровне на горнодобывающих предприятиях существуют и сосуществуют четыре базовых стратегии ТО и Р:

обслуживание по факту отказа, стратегия предупредительных ремонтов, обслуживание по фактическому состоянию и комбинированная стратегия [67, 68, 98].

Техническое обслуживание и ремонты по факту отказа, т.е. после наступления сбоя (*Run to Breakdown - RtB*), так же известная как реактивное техническое обслуживание (*RtB*). Подход обычно применяется для объектов, отказ которых не вызывает существенных последствий, а проведение работ по восстановлению несложное. Является наиболее простой стратегией обслуживания, но и наиболее дорогостоящей. Удельные затраты предприятия при таком виде ТО и Р $Z_{\text{тор}}=1,0$ (руб/кВт в год) [19, 92]. При данной стратегии организации ТО и Р не производится каких-либо мероприятий по поддержанию технического состояния в течение запланированного периода эксплуатации, в том числе не контролируются технические и технологические параметры оборудования. Ремонт или замена оборудования производится при выходе его из строя (аварийный отказ) или при выработке ресурса [82, 96].

Наибольшее распространение получила стратегия ТО и Р по регламенту или предупредительных ремонтов *Time-Based Maintenance – TBM* или *Preventive Maintenance* [106], реализуемая в системе планово-предупредительных ремонтов. Технология предупредительного технического обслуживания и ремонтов проводится исходя из статистических сведений о сроках службы машин.

Достоинствами являются: возможность планировать ремонтные работы и определять мощность ремонтной базы предприятия; обеспечивать стабильной и устойчивой работой ремонтные службы; иметь рациональный запас запасных частей.

В качестве негативных тенденций следует отметить практику ремонтов, в процессе которых производится замена элементов оборудования не выработавших свой ресурс, возрастание затрат на проведения мероприятий по ТО и Р с увеличением срока службы горной, что влечет за собой высокие эксплуатационные затраты [33].

Как показывают исследования последних лет, техническое обслуживание, осуществляемое по регламенту ППР, сокращает реальный межремонтный период работы оборудования - в среднем на 15-30 % [5].

В настоящее время совершенствование стратегии предупредительных ремонтов в основном идет по следующим направлениям:

- переход к планированию межремонтных сроков по наработке, что в большей степени отражает фактический износ оборудования, чем планирование по времени;
- внедрение агрегатно-узлового метода ремонта;
- использование методов и средств технической диагностики состояния машин;
- разработка и внедрение автоматизированных систем управления техническим состоянием оборудования.

Удельные затраты при таком виде ТО и Р в сравнении с ТО и Р по факту отказа $Z_{\text{тор}}=0,87$ (руб/кВт в год) [19, 93].

Стратегия обслуживания по фактическому состоянию (*Condition Based Maintenance – CBM*) является более прогрессивной и уже внедряется в ряде отраслей промышленности. Суть состоит в том, что обслуживание и ремонты проводятся в зависимости от текущего технического состояния механизма, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий, при постоянном контроле и анализе соответствующих параметров. Идея состоит в минимизации отказов путем применения методов отслеживания и распознавания технического состояния методами неразрушающего контроля [82].

Необходимым условием применения стратегии *CBM* является оснащение машин современными информационно-диагностическими системами.

Преимущества такой стратегии технического обслуживания и ремонта очевидны:

- предприятие имеет объективные данные о текущем техническом состоянии оборудования;

- не нарушается нормальная работа механизма из-за необоснованного вмешательства;
- технически достоверно определяются необходимые сроки и объемы ремонтных и наладочных работ, контролируется качество их выполнения.

Данная стратегия ТО и Р хороша только для краткосрочного планирования мероприятий по ТО и Р. Удельные затраты предприятия при таком виде ТО и Р $Z_{\text{тор}}=0,56$ (руб/кВт в год) [19, 93].

Техническое обслуживание, ориентированное на надежность (*Reliability-centered Maintenance – RCM*) [102] или не что иное как комбинированная стратегия ТО и Р – совершенно новая философия техобслуживания, позволяющая внедрить процесс непрерывного совершенствования в существующую практику обслуживания и производства [82].

Одной из основных задач применения *RCM* является создание структурированной базы знаний о «здоровье» оборудования и процессах ТО и Р.

RCM – непрерывный процесс, применение которого позволяет увязать все возможные современные стратегии по проведению технического обслуживания в единый механизм формирования и оптимизации стратегии ТО и Р, направленной на поддержание необходимого уровня надежности [82], одновременно обеспечивая стабильность в работоспособности и максимальную продолжительность жизненного цикла машины с минимальными затратами на проведение ТО и Р. Удельные затраты предприятия при таком виде ТО и Р $Z_{\text{тор}}=0,42$ (руб/кВт в год) [19, 93].

Практика применения вышеуказанных концепций технического обслуживания показывает, что универсальных рациональных решений нет и общие концепции приходится настраивать под конкретные условия. Отсюда возникает задача снизить потенциальное разнообразие вариантов проведения работ до рационально обоснованного варианта стратегии и системы её реализации по проведению технического обслуживания и ремонта, применимого к реальным условиям эксплуатации карьерных экскаваторов [95].

1.4. Оценка наработки карьерного электрического экскаватора большой единичной мощности

Наработка карьерных экскаваторов, определяемая объемом погруженной горной массы, является показателем в большей степени отражающим техническое состояние машины, чем срок службы, выраженный в единицах календарного времени.

Карьерный экскаватор характеризуется теоретической, технической и эксплуатационной производительностью. Наработка соответствует эксплуатационной производительности и для номинальных условий определяется по формуле:

$$Q = 3600E \frac{k_n}{t_c k_p} k_{и} T, \quad (1.6)$$

где E – вместимость ковша, м³; k_n – коэффициент наполнения ковша; k_p – коэффициент разрыхления горной массы; $k_{и}$ – коэффициент использования; T – фонд времени анализируемого периода, час., например, фонд годового периода равен 8760 часов.

Поскольку эксплуатационная производительность позволяет определить наработку только за истекший исследуемый период, то актуальной является задачей прогноза наработки на будущий эксплуатационный период в конкретных условиях эксплуатации.

Прогноз наработки экскаватора от срока его эксплуатации определяется по формуле 1.7 [96].

$$Q_{\text{год}} = [Q](1 - 5 \cdot 10^{-4} Y^2 + 6 \cdot 10^{-4} Y), \quad (1.7)$$

где $[Q]$ – номинальная годовая наработка экскаватора в оцениваемый период эксплуатации; Y – численное значение порядкового номера года эксплуатации экскаватора.

Таким образом, существует функциональная зависимость изменения наработки карьерного экскаватора от продолжительности его эксплуатации и, в частности, срока службы на горном предприятии.

Выводы по главе 1 и задачи исследования

На основании анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, полученных ранее по рассматриваемой тематике, установлено, что в процессе эксплуатации карьерных экскаваторов действует ряд факторов, влияющих на наработку и техническое состояние экскаваторов. Определяющими факторами являются: горно-геологические, погодные-климатические условия, качество подготовки забоя и горной массы, организация ведения горных работ, управление экскаватором. Степень их влияния на величину наработки неоднозначна и требует приведения к единому показателю [40, 96].

В связи с этим для достижения поставленной в работе цели необходимо решение следующих задач:

1. Анализ статистических данных по работе карьерных экскаваторов.
2. Выявление функциональных зависимостей для оценки влияния факторов природно-техногенного воздействия на величину наработки электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности и его техническое состояние в процессе эксплуатации.
3. Разработка алгоритма комплексной оценки величины наработки электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности с учетом влияния погодных условий, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий и применяемых стратегий ТО и Р для прогноза наработки карьерного экскаватора.
4. Разработка регламента и рекомендаций по корректировке графиков проведения мероприятий по ТО и Р карьерного экскаватора.

ГЛАВА 2. ПОТОК ОТКАЗОВ И НАРАБОТКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА НИХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Высокий уровень простоев экскаваторов, связанных с отказами, имеющий место на горных предприятиях ведет к значительным материальным издержкам, как из-за уменьшения объема добычи полезного ископаемого, так и из-за необходимости нести дополнительные затраты на проведение аварийно-восстановительных работ [40].

Все факторы, оказывающие существенное воздействие на изменение технического состояния карьерного экскаватора и его наработку, систематизированы и представлены в виде схемы на рисунке 2.1.

Как отмечено ранее, в разделе 1.3, под внешними факторами понимают факторы природно-техногенного воздействия, к которым относят: горно-геологические условия, качество подготовки забоя и горной массы, климатические условия и стратегии ТО и Р. Указанные факторы в полной мере оказывают влияние на эффективность эксплуатации карьерного экскаватора и изменение его технического состояния.



Рисунок 2.1 – Факторы, воздействующие на изменение технического состояния карьерного экскаватора

Как показывает анализ, вклад механической и электрической подсистем экскаваторов в общее количество отказов на 50-70% представлен отказами механического оборудования [37, 72].

2.1. Анализ отказов мощных карьерных экскаваторов, эксплуатирующихся в АО «УК Кузбассразрезуголь»

Был проведен анализ результатов производственных наблюдений за работой двух экскаваторов ЭКГ-32Р и пяти экскаваторов ЭКГ-18Р, эксплуатирующихся в АО «УК Кузбассразрезуголь» [57].

Основным рабочим пластом является пласт (таблицу 2.1), средней мощности – 24,3 м. Остальные пласты имеют ограниченную мощность (0,84 - 5,73м) и отрабатываются попутно. Угли разреза несамовозгораемые, энергетические, марки «Т, СС, КС, КО, 1-СС, ДГ». Относятся к VI-VII категории по классификации горных пород по крепости (шкала проф. М.М. Протодряконова), коэффициент крепости $f = 1-1,5$ МПа, к III категории горных пород по ЕНВ.

Таблица 2.1 – Характеристика рабочих пластов угля и качества угля [57]

| Марка угля | Мощность пластов, м | | | Плотность, т/м ³ | Угол падения, градус |
|------------|---------------------|-----------|-------------|-----------------------------|----------------------|
| | от | до | сред. | | |
| Т | 3,5 | 7,5 | 5,73 | 1,38 | 58-85 |
| | 1 | 4 | 2,5 | 1,39 | 65-85 |
| | 1 | 3,5 | 2,08 | 1,39 | - |
| | 1,5 | 7,5 | 4,2 | 1,4 | - |
| | 0,6 | 5,54 | 2,17 | 1,37 | 70-85 |
| | 16 | 34 | 24,3 | 1,37 | - |
| | 0,6 | 5,5 | 2,18 | 1,38 | - |
| | 0,85 | 8,98 | 2,42 | 1,39 | 70-85 |
| | 0,6 | 3,5 | 1,93 | 1,39 | 45-90 |

Учитывая горно-геологические условия Новосергеевского поля (углы падения пластов от 32° до 85°), сложившуюся на разрезе технологию, принята транспортная, двубортная, углубочная система разработки с продольным перемещением горных работ:

- на отработке рыхлых отложений (наносов) – система разработки с комплексной гидромеханизацией вскрышных работ;

- на отработке вмещающих пород и угольных пластов – транспортная система разработки с использованием экскаваторов циклического действия в комплексе с автомобильным и железнодорожным транспортом.

Скальные вскрышные породы и угольные пласты принято отрабатывать горизонтальными слоями (уступами) по простиранию пластов.

Подготовка скальных пород к выемке осуществляется с помощью буровзрывных работ.

Климат района резко-континентальный. Максимальная температура воздуха +33,9°С, минимальная -43°С. Устойчивый снеговой покров устанавливается в первых числах ноября и держится до середины апреля. Величина снежного покрова в пониженных местах рельефа нередко превышает 2 метра. Промерзание почвы достигает глубины 195 см. Сейсмичность района составляет 6 баллов. Количество годовых осадков 349 мм.

В качестве первичной информации использована техническая документация по сервисному обслуживанию экскаваторов, ведущаяся на предприятии с момента ввода машин в эксплуатацию. В Приложении А приведены сведения о промышленной эксплуатации экскаватора ЭКГ-32Р №1, находящегося в эксплуатации в АО УК «Кузбассразрезуголь» в период с 2011 по 2016 годы [40].

Обработанная статистическая информация включала в себя полные данные по отказам машин, времени их восстановления, плановым работам по техническому обслуживанию и ремонту, простоям по организационным причинам и погодному фактору, а также о наработке экскаваторов в период с 2011 по 2016 годы. Результаты анализа позволили выявить факторы,

оказывающие влияние на наработку карьерных экскаваторов и численно оценить вклад каждого из них.

В результате анализа первичной информации выявлено, что в период с 2011 по 2016 годы общие простои экскаватора ЭКГ-32Р № 1 составили 5942 часа, в том числе 2543 часа (43 %) на проведение плановых ТО и Р, 1425 часов (24 %), по причинам, связанным с организацией горных работ и управляющим воздействием машиниста (эргатический фактор), 1974 часа (33 %) на устранение отказов, вызванных воздействием факторов природно-техногенного характера.

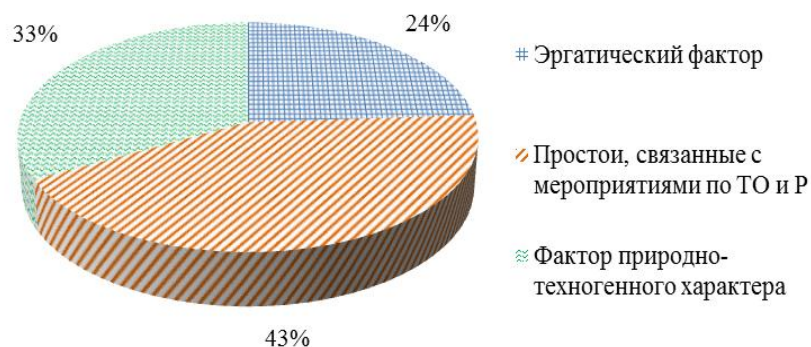


Рисунок 2.2 – Распределение простоев экскаватора ЭКГ-32Р № 1

К факторам природно-техногенного воздействия отнесены: горно-геологические условия, качество подготовки забоя и горной массы, стратегии ТО и Р и погодные условия.

Анализ информации, представленной в документации по сервисному обслуживанию экскаватора ЭКГ-32Р №1 позволяет выявить простои, связанные ликвидацией отказов различных узлов и систем машины и определить их удельный вес. Такой анализ позволяет оценить надежность различных элементов конструкции экскаватора [3].

На рисунке 2.3 представлено распределение простоев экскаватора ЭКГ-32Р №1, связанных с восстановлением работоспособного состояния отдельных систем экскаватора.

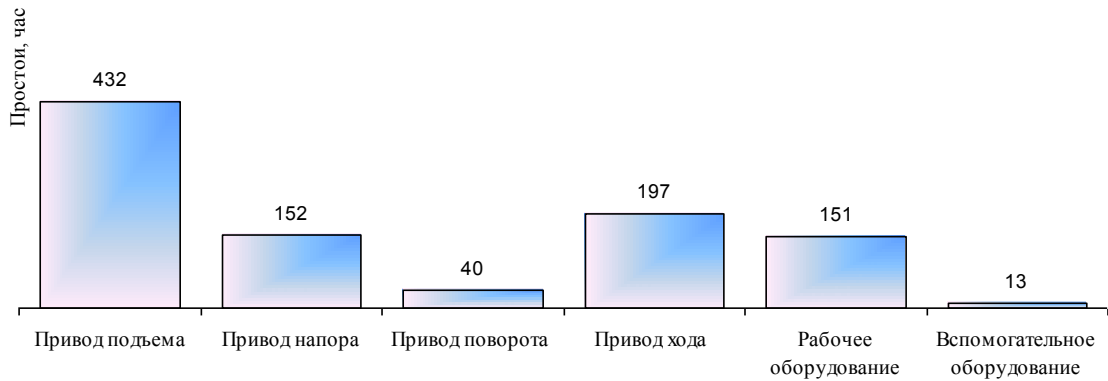


Рисунок 2.3 – Распределение простоев экскаватора ЭКГ-32Р №1, связанных с отказами отдельных систем

Из диаграммы следует, что наибольшее время восстановления (432 часа) связано с отказами привода подъема, в свою очередь простои, связанные с отказами приводов хода, напора и рабочего оборудования составляют 197, 152 и 151 часов соответственно. Наиболее надежным из систем являются привод поворота – 40 часов восстановительных работ и система вспомогательного оборудования – 13 часов соответственно [3].

На рисунке 2.4 представлено распределение времени восстановления экскаватора ЭКГ-32Р №1 по системам с выделением электрической и механической частей. В числителе приведены значения простоев, связанные с отказами электрической, в знаменателе – с отказами механической систем экскаватора.

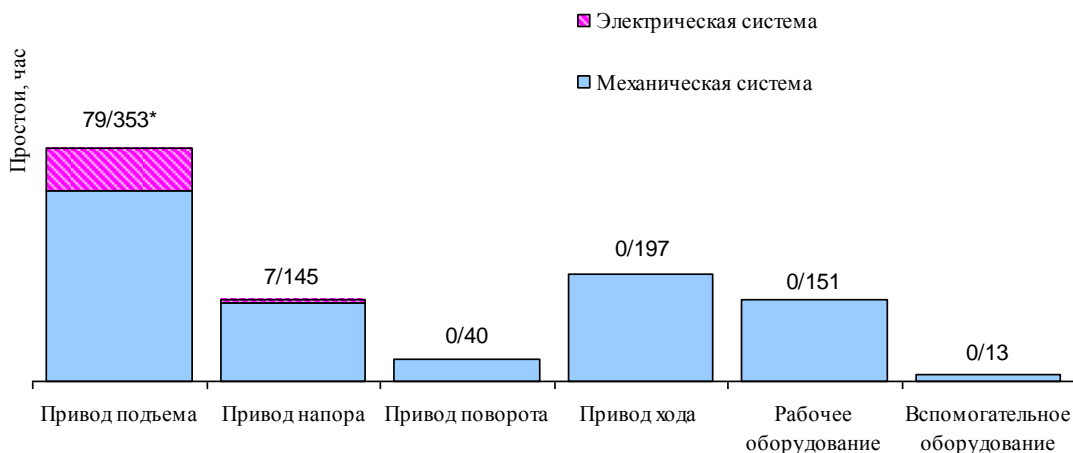


Рисунок 2.4 – Распределение времени восстановления работоспособности экскаватора ЭКГ-32Р №1 по системам с выделением электрической и механической частей

Из диаграммы следует, что абсолютное большинство времени простоев (899 часов из 985 часов) связаны с восстановлением механической системы экскаватора.

На рисунках 2.5 и 2.6 представлены аналогичные диаграммы распределения времени восстановления экскаватора ЭКГ-32Р №2, находящегося в эксплуатации в тех же условиях в период с 2014 по 2017 годы.

Из диаграммы (рисунок 2.5) следует, что наибольшее количество часов простоев (1056 часов) связано с отказами привода подъема, простои, связанные с отказами приводов хода, напора и рабочего оборудования составляют соответственно 72, 48 и 48 часов [3].

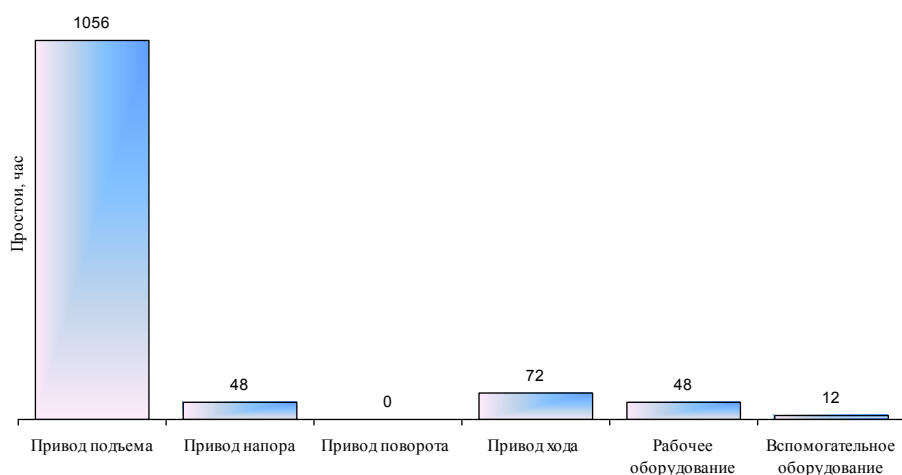


Рисунок 2.5 – Распределение времени восстановления экскаватора ЭКГ-32Р №2 по системам

Меньше всего простоев наблюдается из-за отказов вспомогательного оборудования (12 часов).

На рисунке 2.6 представлено распределение простоев экскаватора ЭКГ-32Р №2 по системам с выделением электрической и механической систем. В числителе приведены значения простоев, связанные с отказами электрической, в знаменателе - с отказами механической систем экскаватора.

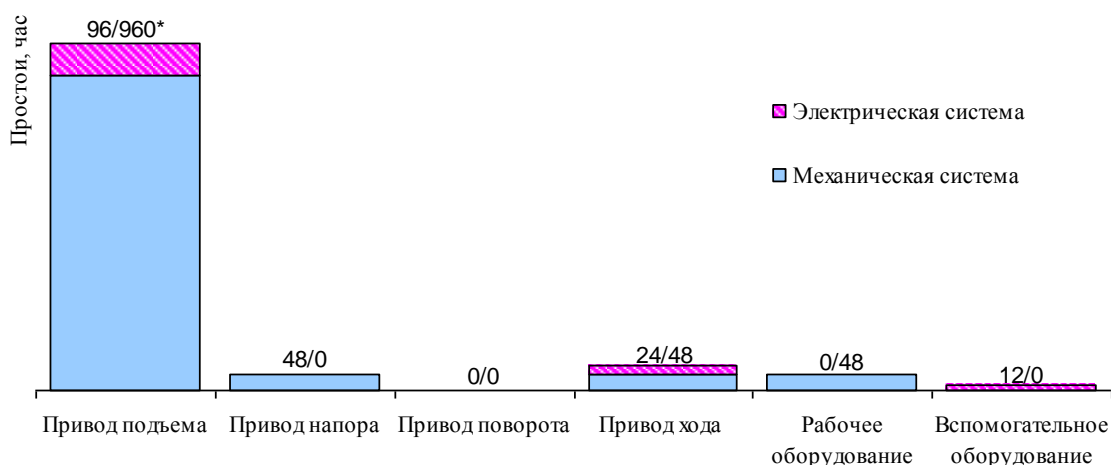


Рисунок 2.6. Распределение времени восстановления работоспособности экскаватора ЭКГ-32Р №2 по системам с выделением электрической и механической частей

Из диаграммы (рисунок 2.6) следует, что наибольшее количество часов простоев (1104 часа из 1236 часов) связаны с отказами механической системы экскаватора.

Анализ диаграмм 2.5 и 2.6 подтверждает выводы, сделанные на основании анализа рисунков 2.3 и 2.4.

На рисунках 2.7-2.11 представлено распределение простоев по системам соответственно экскаваторов ЭКГ-18Р № 1, ЭКГ-18Р № 2, ЭКГ-18Р № 3, ЭКГ-18Р № 4, ЭКГ-18Р № 5.

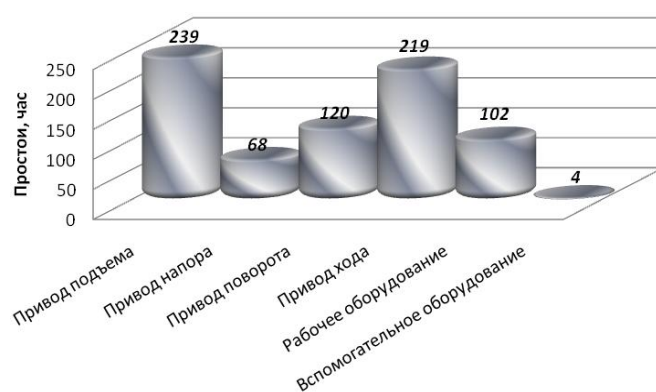


Рисунок 2.7 – Распределение времени восстановления по системам экскаватора ЭКГ-18Р №1

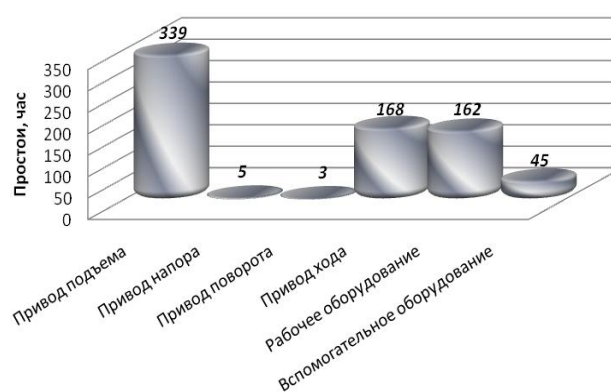


Рисунок 2.8 – Распределение времени восстановления по системам экскаватора ЭКГ-18Р №2

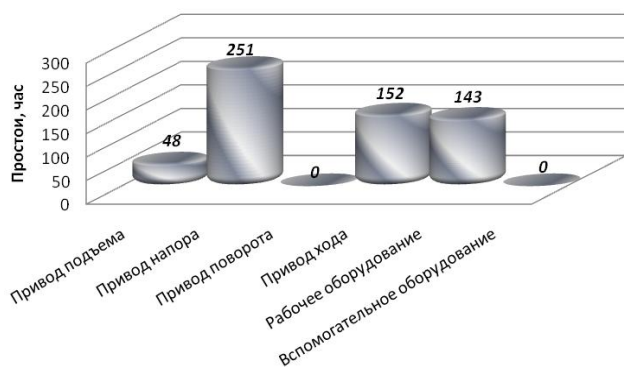


Рисунок 2.9 – Распределение времени восстановления по системам экскаватора ЭКГ-18Р №3

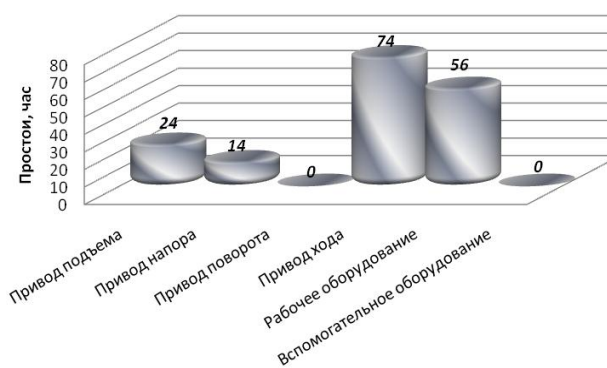


Рисунок 2.10 – Распределение времени восстановления по системам экскаватора ЭКГ-18Р №4

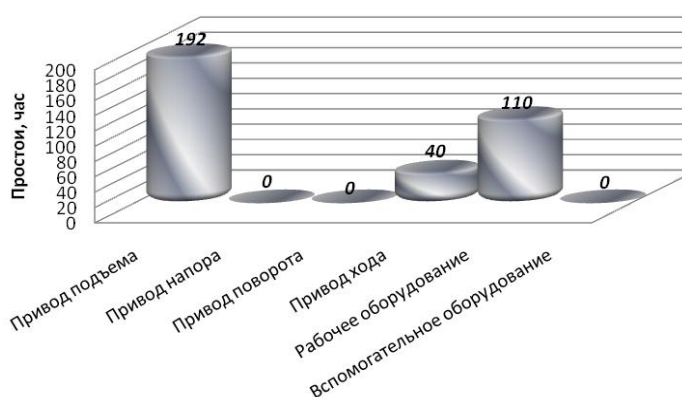


Рисунок 2.11 – Распределение времени восстановления работоспособности по системам экскаватора ЭКГ-18Р №5

Из представленных диаграмм следует, что наибольшее время нахождения экскаватора в неработоспособном состоянии имеет место быть из-за отказов привода подъема, преобладающих у 5/7 (71%) рассматриваемых машин. В целом по анализируемому парку карьерных экскаваторов простои, вызванные отказами привода подъема составляют 2006 часа, или 48,9% от их общего количества [96]. Данный факт объясняется тем, что привод подъема экскаватора-мехлопаты выполняет основную силовую функцию при копании, одну из основных в периоды поворотов на разгрузку и в забой и, следовательно, является наиболее нагруженным. Время нахождения в неработоспособном состоянии, связанное с отказами других систем экскаваторов, распределились следующим образом: привод хода – 19,3%, рабочее оборудование – 17,2%, привод напора – 10,1%, привод поворота – 3%, вспомогательное оборудование – 1,5% [3, 96].

Внеплановые простои рассматриваемых карьерных экскаваторов значительны и сравнимы со временем, затрачиваемым на проведение плановых мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту. Данный факт позволяет сделать вывод о том, что применяемая система ТО и Р не эффективна, так как не обеспечивают требуемого уровня надежности и не учитывают реалии эксплуатации экскаваторов, в частности не учитывает влияние величины и характера факторов природно-техногенного воздействия [3].

Таким образом, установлено, что значительное влияние на готовность карьерных экскаваторов оказывают факторы природно-техногенного воздействия, к которым относятся горно-геологические условия, качество подготовки забоя и горной массы, стратегия ТО и Р и погодные условия.

2.2. Оценка влияния факторов природно-техногенного характера на наработку карьерного экскаватора на основе информационной модели

Для численной оценки влияния различных факторов на работоспособность карьерных экскаваторов (раздел 1.3) необходимо ввести коэффициенты весомости этого воздействия в модель функционирования экскаватора, при этом эти коэффициенты должны быть представлены в виде непрерывных функций и иметь не дискретный характер.

Влияние горно-геологических условий, а именно категорий горных пород по трудности экскавации по единым нормам выработки (ЕНВ) предлагается оценивать коэффициентом экскавации, который определяется по формуле (1.3) в разделе 1.3.3

На основании формулы (1.3) получим коэффициенты экскавации для каждой категории горных пород, представленные в таблице 2.2.

В свою очередь, непрерывная функция изменения коэффициента экскавации K_9 в зависимости от категории горных пород для экскаваторов ЭКГ-32Р может быть представлена в виде выражения:

$$K_9 = 0,007B^2 - 0,137B + 1,054, \quad (2.1)$$

где B – категория горных пород по трудности экскавации.

Таблица 2.2 – Соответствие коэффициента экскавации категории горных пород

| Категории горных пород по трудности экскавации (по ЕНВ) | Коэффициент экскавации $K_э$ |
|--|---------------------------------|
| I | 0,91 |
| II | 0,84 |
| III | 0,7 |
| IV | 0,6 |
| V | 0,56 |

Для номинальных условий эксплуатации в соответствии с рекомендациями завода изготовителя принята III категория горных пород по трудности экскавации по единым нормам выработки (ЕНВ) с коэффициентом экскавации равным 0,7.

Как указывалось выше (см. раздел 1.3.3), исследованиями Красниковой Т.И. установлено, что с увеличением выхода негабарита количество отказов увеличивается по экспоненциальной зависимости $y = 18,07e^{0,06x}$. В этих исследованиях рассмотрен диапазон выхода негабарита от 5 до 20 %. Проведем экстраполяцию данной зависимости, расширив диапазон выхода негабарита от 0 до 30 %. Состояние забоя при выходе негабарита не более 2%, соответствующее номинальным условиям эксплуатации будем считать хорошим, при выходе негабарита от 2 до 15% – удовлетворительным, свыше 15% – неудовлетворительным [39].

Зависимость количества отказов карьерного экскаватора ЭКГ-32Р от крупности экскавируемой горной массы представлена на Рисунке 2.12.

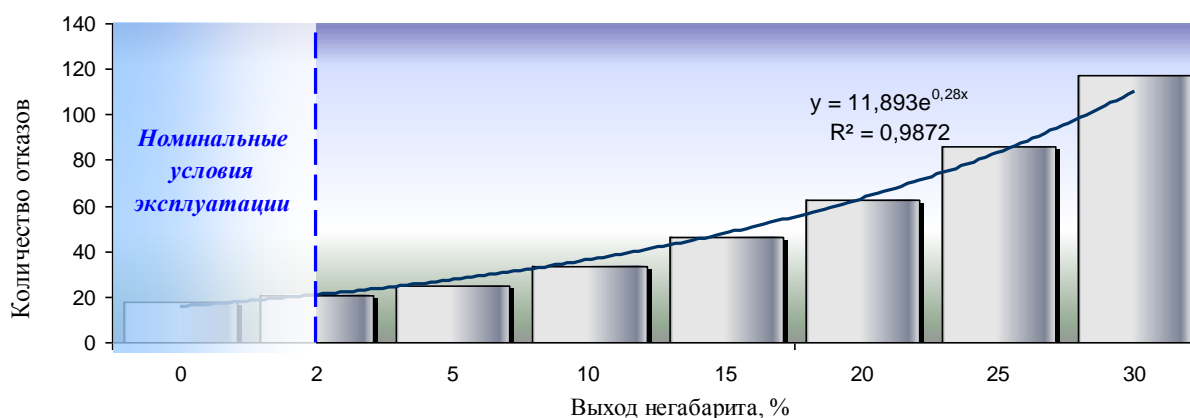


Рисунок 2.12 – Изменение количества отказов карьерного экскаватора ЭКГ-32Р от % выхода негабарита горной массы

Данная экспоненциальная зависимость описывается уравнением:

$$y = 11,893e^{0,28x}, \quad (2.2)$$

где x – выход негабарита, %; y – количество отказов.

С использованием зависимости количества отказов карьерного экскаватора ЭКГ-32Р от крупности экскавируемой горной массы становится возможным определить параметр потока отказов (рисунок 2.13) и затраты времени на восстановления этих отказов от влияния выхода негабарита (рисунок 2.14).

Параметр потока отказов определялся как произведение количества отказов на время производительной работы, которая в свою очередь зависит от состояния забоя, что подробно рассмотрено в главе 1. Затраты времени на восстановление определялись путем умножения количества отказов на среднее время восстановления после одного отказа, полученное в результате статистического анализа первичной информации по эксплуатации электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности.

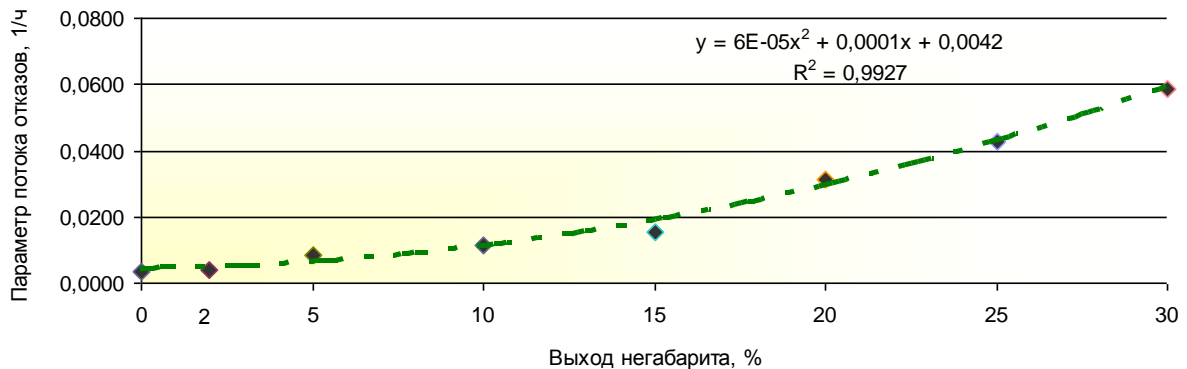


Рисунок 2.13 – Изменение параметра потока отказов карьерного экскаватора от процента выхода негабарита

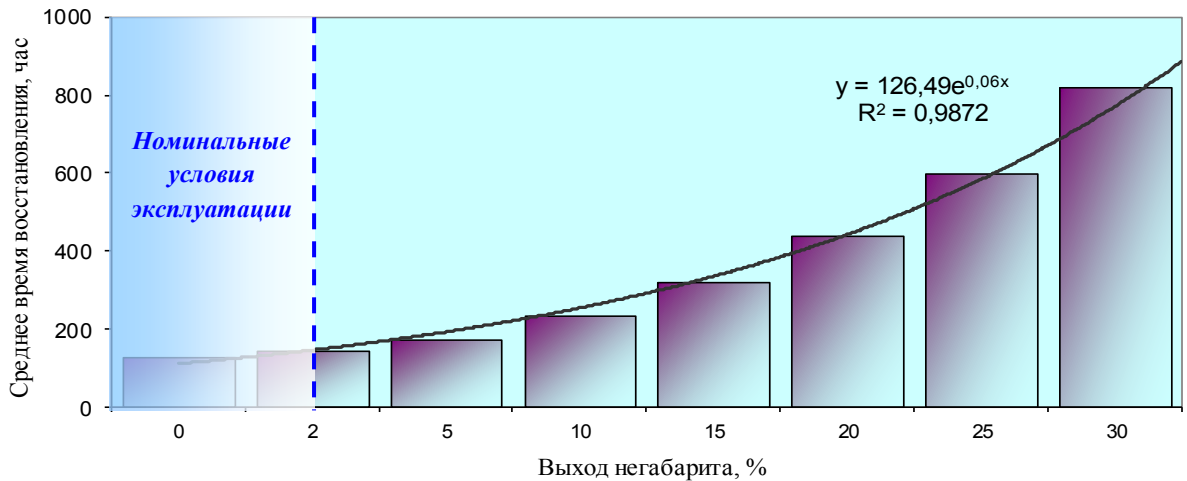


Рисунок 2.14 Время восстановления карьерного экскаватора ЭКГ-32Р от процента выхода негабарита

Влияние качества подготовки забоя и горной массы предлагается оценивать коэффициентом, учитывающим выход негабарита $K_{НГБ}$, учитывающего влияние гранулометрического состава горной массы. Коэффициент был получен на основании анализа зависимостей количества отказов и времени восстановления от процента выхода негабарита.

$$K_{НГБ} = \frac{6800 - 126,49e^{0,06НГ}}{6800} = 1 - 1,86 \cdot 10^{-2} e^{0,06НГ}; \quad (2.3)$$

где 6800 – базовое значение максимально возможной продолжительности функциональной работы карьерного экскаватора, определяемое как разность фонда календарного времени и продолжительности на проведение плановых мероприятий по ТО и Р, час, НГ – процент выхода негабарита, %.

Согласно руководству по эксплуатации карьерным экскаватором ЭКГ-32Р допустимый выход негабарита для номинальных условий его работы – не должен превышать 2%. Тогда, для номинальных условий по выражению 2.3 коэффициент негабарита будет равен 0,979.

Помимо качества подготовки забоя и горной массы, необходимо учитывать влияние угла наклона рабочей площадки. Для учета влияния этого фактора был проведен анализ статистических данных по отказам карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь». Данный анализ с учетом результатов исследования влияния технологических условий

производственной эксплуатации экскаваторов на их безотказность позволили получить зависимость параметра потока отказов от угла наклона рабочей площадки (рисунок 2.15).

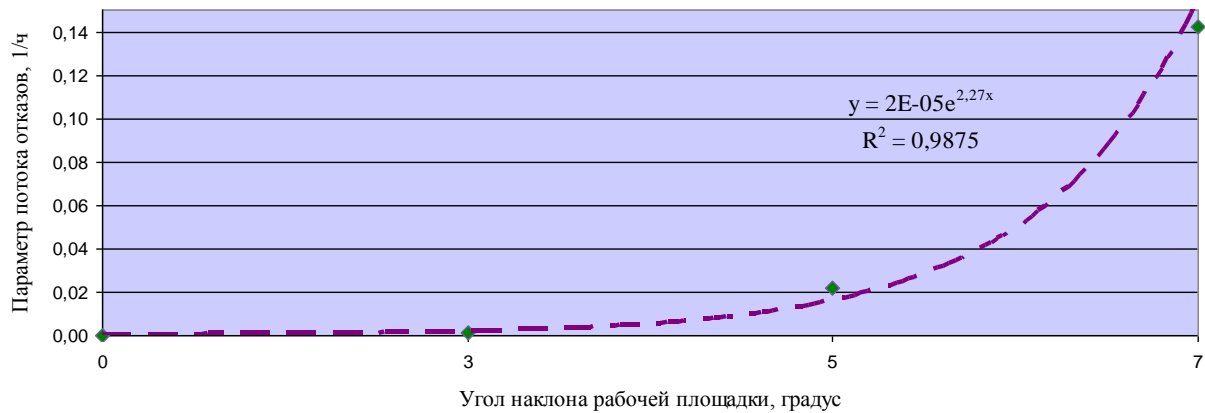


Рисунок 2.15 – Зависимость параметра потока отказов карьерного экскаватора ЭКГ-32Р от угла наклона рабочей площадки

Опираясь на исследования Т.И. Красниковой, установившей зависимость времени производительной работы от технологических параметров забоя (см. раздел 1.3.4) и умножив значения интенсивности потока отказов, связанного с этим фактом ($\omega_{\text{угл}}$) на соответствующее значению угла наклона рабочей площадки (α) в градусах и время производительной работы (T) получим зависимость количества отказов за искомый период (год эксплуатации) от отклонения угла наклона рабочей площадки от горизонтали:

$$n = \omega_{\text{угл}}(\alpha)\alpha T . \quad (2.4)$$

После подстановки в выражение (2.5) действительных значений и его упрощения получим:

$$n = 0,106e^{1,96\alpha} \quad (2.5)$$

Функциональная зависимость (2.5) представлена на рисунке 2.16.

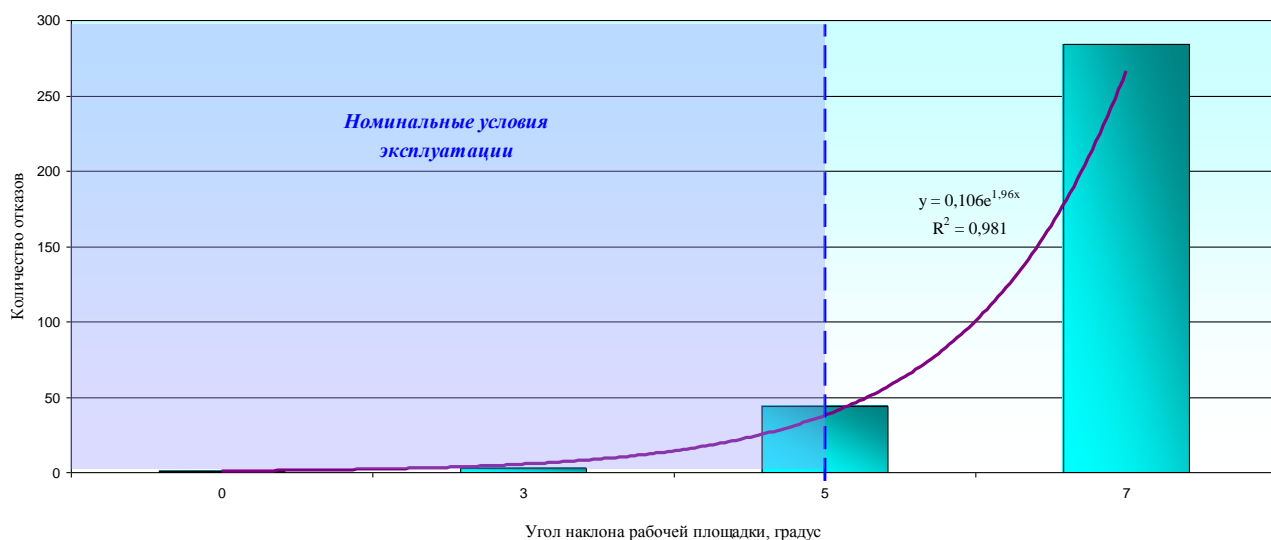


Рисунок 2.16 – Количество отказов карьерного экскаватора ЭКГ-32Р от угла наклона рабочей площадки

Из анализа следует, что с увеличением угла наклона рабочей площадки количество отказов увеличивается по экспоненциальной зависимости.

Таким образом, используя полученную зависимость количества отказов карьерного экскаватора ЭКГ-32Р от угла наклона рабочей площадки становится возможным оценить затраты времени на восстановление экскаватора ЭКГ-32Р от величины отклонения от горизонтали угла наклона рабочей площадки:

$$T_{в(\alpha)} = 4,39e^{0,83\alpha} \quad (2.6)$$

Функциональная зависимость (2.6) представлена на рисунке 2.17.

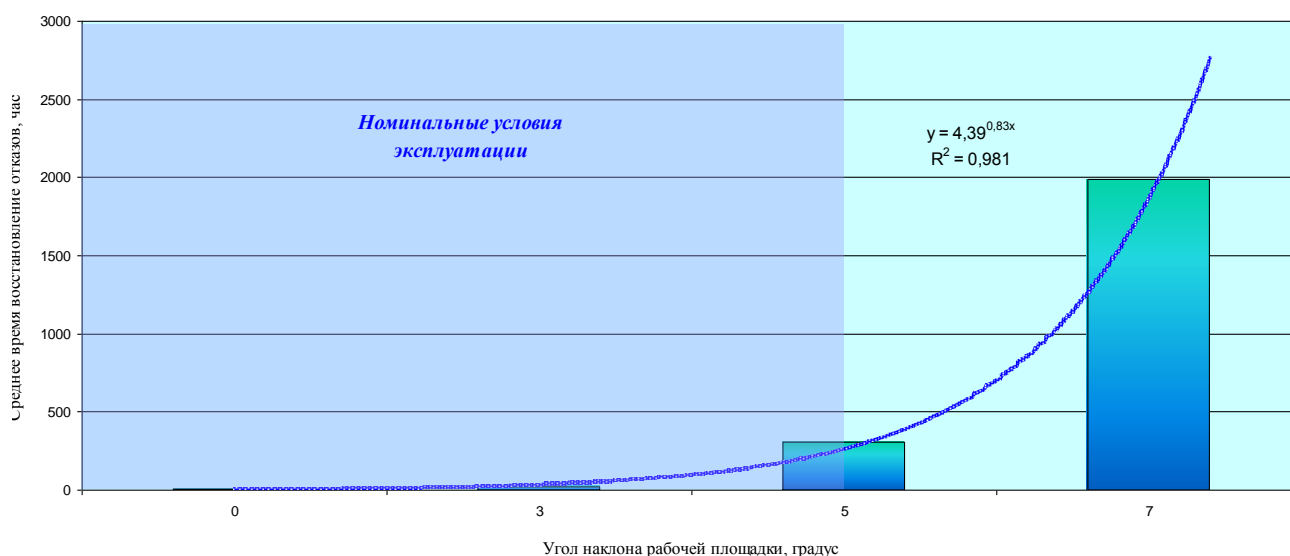


Рисунок 2.17 – Потребное время восстановления в функции отклонения угла наклона рабочей площадки от горизонтали

Влияние угла наклона рабочей площадки предлагается оценивать коэффициентом, который был получен на основании анализа зависимостей количества отказов и времени восстановления от угла наклона рабочей площадки.

$$K_{\text{уп}} = 1 - 6,45 \cdot 10^{-4} e^{0,83\alpha}, \quad (2.7)$$

где α – отклонение угла наклона рабочей площадки от горизонтали в градусах.

Согласно руководству по эксплуатации карьерным экскаватором ЭКГ-32Р допустимый угол наклона рабочей площадки для номинальных условий – до 5 градусов. Для номинальных условий по выражению (2.7) получим величину коэффициента, учитывающего угол наклона рабочей площадки, который равен 0,959.

Влияние стратегий ТО и Р, рассмотренные в разделе 1.3.5, предлагается оценивать соответствующим коэффициентом, который определяется отношением разности времени производительной работы и суммарного времени восстановления после отказа к фонду календарного времени при реализации конкретной стратегии ТО и Р.

$$K_{\text{ТОиР}} = \frac{T_{\text{пр}} - T_{\Sigma\text{в}}}{\Phi_{\text{к.в.}}} = \frac{(\Phi_{\text{к.в.}} - T_{\Sigma\text{орг}} - T_{\Sigma\text{то}}) - T_{\Sigma\text{в}}}{\Phi_{\text{к.в.}}}, \quad (2.8)$$

где $T_{\text{пр}}$ – время производительной работы экскаватора, ч; $T_{\Sigma\text{в}}$ – суммарное время восстановления после отказа при принятой стратегии ТО и Р, приведенное к году эксплуатации ч. (см. раздел 1.3.5); $\Phi_{\text{к.в.}}$ – годовой фонд календарного времени, равный 8760 ч.; $T_{\Sigma\text{орг}}$ – суммарное время простоев по организационным причинам, по результатам обработки статистических данных принято равным 1000 ч за год эксплуатации; $T_{\Sigma\text{то}}$ – суммарное время простоев на проведение плановых мероприятий по ТО и Р за год, по результатам обработки статистических данных принято равным 900 ч.

В качестве номинальных условий эксплуатации электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности примем стратегию предупредительных ремонтов. Таким образом, коэффициент, учитывающий принятую стратегию ТО и Р из таблицы 2.3 выбираем равным 0,692.

Таблица 2.3 – Расчетные коэффициенты ТО и Р

| Стратегия ТО и Р | | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Предупредительных ремонтов | По фактическому состоянию | По факту отказа | Комбинированная |
| Коэффициент ТО и Р | | | |
| 0,692 | 0,717 | 0,635 | 0,732 |

2.3. Алгоритм оценки влияния факторов воздействия природно-техногенного характера на техническое состояние и выработку ресурса карьерного экскаватора как стареющего объекта для формирования графика ремонтных работ

Техническое состояние и выработка ресурса карьерных экскаваторов напрямую зависит от воздействия внешних факторов. С целью их учета и прогноза наработки карьерного экскаватора следует ввести соответствующие коэффициенты, учитывающие указанные влияния. Для поддержания экскаватора как стареющего объекта в работоспособном состоянии необходимо производить коррекцию графиков регламентных работ горной машины с учетом выявленных факторов природно-техногенного характера. В качестве базового графика регламентных работ принят график, рекомендуемый заводом-изготовителем для новой машины.

Как показывает практика, по мере эксплуатации горных машин число отказов увеличивается, что влечет за собой увеличение времени на их устранение и снижение величины наработки. С целью увеличения наработки машины и предотвращения большого количества простоев следует при составлении графика регламентных работ учитывать возраст самой машины для каждого года эксплуатации, для чего введен коэффициент старения, как показатель недоиспользования эксплуатационного потенциала. Данный коэффициент учитывается при коррекции графиков регламентных работ карьерного экскаватора, как в номинальных, так и в отличных от них условиях эксплуатации машины.

Для прогнозирования наработки карьерного экскаватора в реальных условиях эксплуатации и дальнейшей коррекции графика регламентных работ с

учетом воздействия внешних факторов на работоспособность карьерного экскаватора предлагается при определении прогноза наработки заменить эмпирический коэффициент использования по времени $k_{и}$ произведением коэффициентов, каждый из которых определяется аналитически как функция соответствующего фактора природно-техногенного характера. К данным коэффициентам, представленным ранее, относятся: $K_{НГБ}$ – коэффициент, учитывающий влияние выхода негабарита горной массы; $K_{УП}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона рабочей площадки; $K_{ТО и Р}$ – коэффициент, учитывающий влияние принятой стратегии ТО и Р; $K_{ИП}$ – коэффициент, учитывающий воздействие погодных условий на работоспособность карьерных экскаваторов.

Заметим, что на данный момент не существует численного показателя, позволяющего обоснованно определять вклад погодных условий на изменение наработки карьерного экскаватора при непрерывной его эксплуатации. Установлению такого показателя, характеру его изменения и учету наработки карьерного экскаватора от изменяющихся погодных условий посвящены исследования, представленные в главе 3.

Для оценки весомости каждого фактора, рассматриваемого в предложенном алгоритме (рисунок 2.18), предусматривает сравнение прогноза наработки в реальных условиях эксплуатации с номинальными условиями, для работы в которых предназначена машина. Сравнением возможно учесть как совместное воздействие факторов, так и воздействие каждого фактора в отдельности, что дает возможность определить, насколько воздействие того или иного фактора снижает наработку от номинальных ее значений при прочих равных условиях.

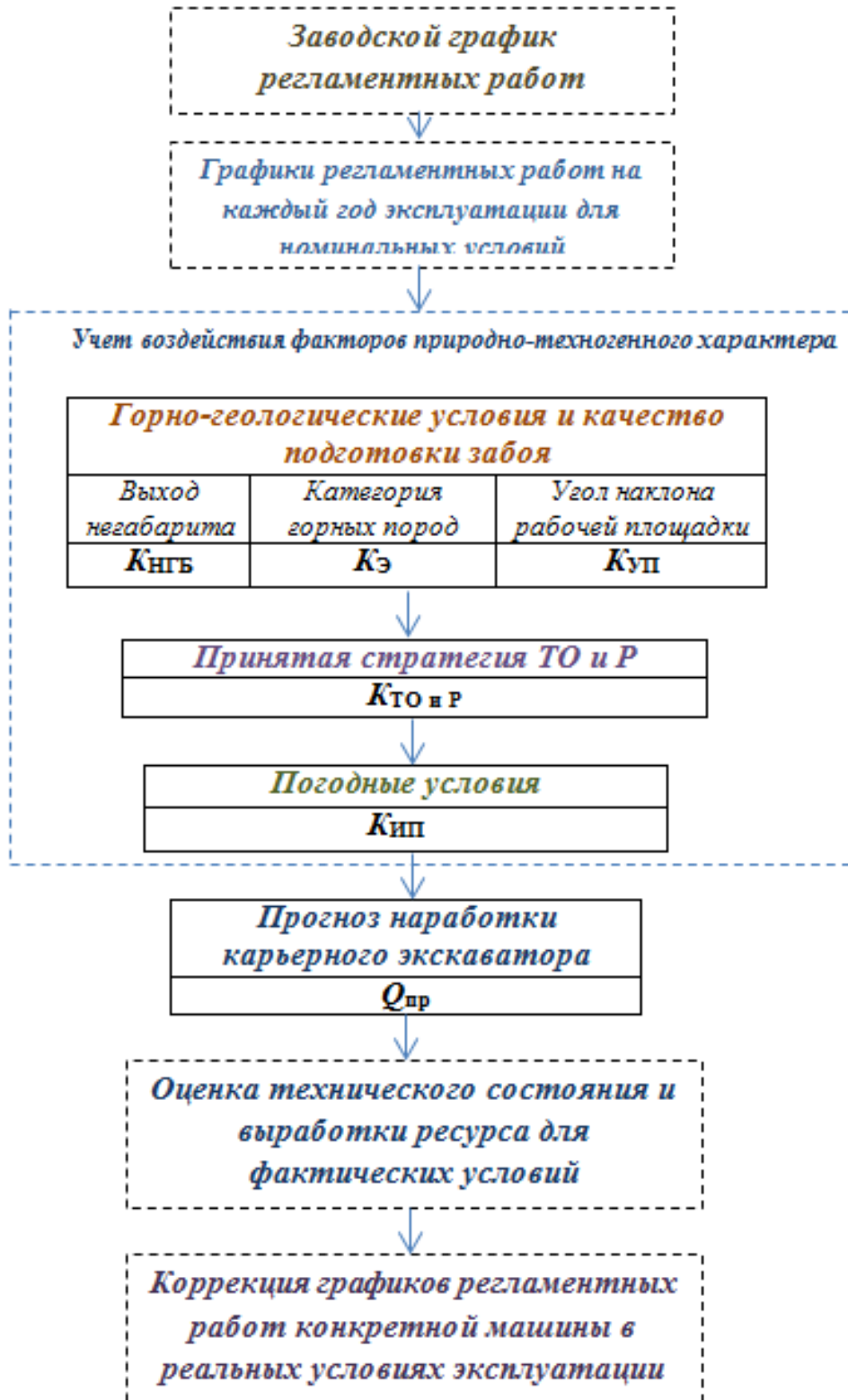


Рисунок 2.18 – Алгоритм оценки влияния факторов природно-техногенного характера

Предложенный алгоритм реализован в разработанной информационной модели оценки технического состояния и выработки ресурса карьерного экскаватора и представленной в 4 главе настоящей работы.

Выводы по главе 2

1. Установлено, что в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь» наибольшие простои экскаваторов ЭКГ-32Р и ЭКГ-18Р наблюдаются из-за отказов привода подъема – 48,9% от их общего количества. Простои, связанные с отказами других систем экскаваторов, распределяются следующим образом: привод хода – 19,3%, рабочее оборудование – 17,2%, привод напора – 10,1%, привод поворота – 3%, вспомогательное оборудование – 1,5% [3].

2. Установлено, что в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь» наибольшее количество простоев экскаваторов ЭКГ-32Р и ЭКГ-18Р (90%) связаны с отказами механической части экскаватора.

3. Установлено, что значительное влияние на работоспособность карьерных экскаваторов оказывают факторы природно-техногенного воздействия, к которым относятся горно-геологические условия, качество подготовки забоя и горной массы, стратегии ТО и Р и погодный фактор.

4. Установлено, что с увеличением угла наклона рабочей площадки и процента выхода негабарита количество отказов и время восстановления увеличиваются по экспоненциальной зависимости.

5. Влияние на наработку карьерного экскаватора стратегий ТО и Р предлагается оценивать коэффициентом, который определяется отношением разности времени производительной работы и суммарного времени восстановления к фонду календарного времени при реализации конкретной стратегии ТО и Р.

6. Разработан алгоритм оценки технического состояния и выработки ресурса карьерным экскаватором с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера.

ГЛАВА 3. ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ, КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

3.1. Индекс жесткости погоды как интегральный показатель влияния погодных условий

Как было указано ранее (раздел 1.3.4) ранговый анализ по П.И. Коху даёт только общую, точечную оценку жесткости климата по отношению к оборудованию при средних значениях климатических факторов в течение трех наиболее холодных или трех наиболее теплых месяцев [43].

Такой подход не дает возможности в полной мере оценить влияние погодного фактора на надежность карьерных экскаваторов, так как в течение календарного года одна и та же машина испытывает воздействие показателей как холодных, так и жарких погодных условий.

Предлагается, основываясь на исследования П.И. Коха перейти к единому интегральному показателю – индексу жесткости погоды ($I_{п}$) [38], который учитывает влияние высоких и низких температур и сопутствующих им проявлений погодных условий на протяжении всего календарного времени работы машины [43]. Основываясь на данных, приведенных в разделе 1.3.4, а также с учетом экспертных оценок специалистов предлагается определять индекс жесткости погоды для месячного периода по формуле:

$$I_{п} = (0,75|t_{cp} - 8| + 0,25|t_{абс} - 2|)(1 + 0,015\sigma)(1 + 0,07\nu)(1 + 0,26\phi)(1 + 0,01R) \times (1 + 0,014n)(1 + 0,022\tau), \quad (3.1)$$

где $I_{п}$ – индекс жесткости погоды; t_{cp} – среднемесячная температура, °С; $t_{абс}$ – абсолютный max/min температуры, °С; σ – средняя непериодическая амплитуда суточных колебаний температуры воздуха, °С; ν – средняя скорость ветра, м/с; ϕ – среднее значение относительной влажности воздуха, доли единицы; R – среднее значение месячной суммы суммарной солнечной радиации, ккал/см²; n – среднее за месяц значение числа дней с метелями, туманом и пыльной бурей; τ – продолжительность действия в месяцах положительных/отрицательных температур [38, 43].

Для оценки подобия результатов расчетов по предложенной формуле (рисунок 3.2) с учетом архивных метеорологических данных по Сибирскому ФО [73] и по методике П.И. Коха (рисунок 3.1) был проведен вычислительный эксперимент.

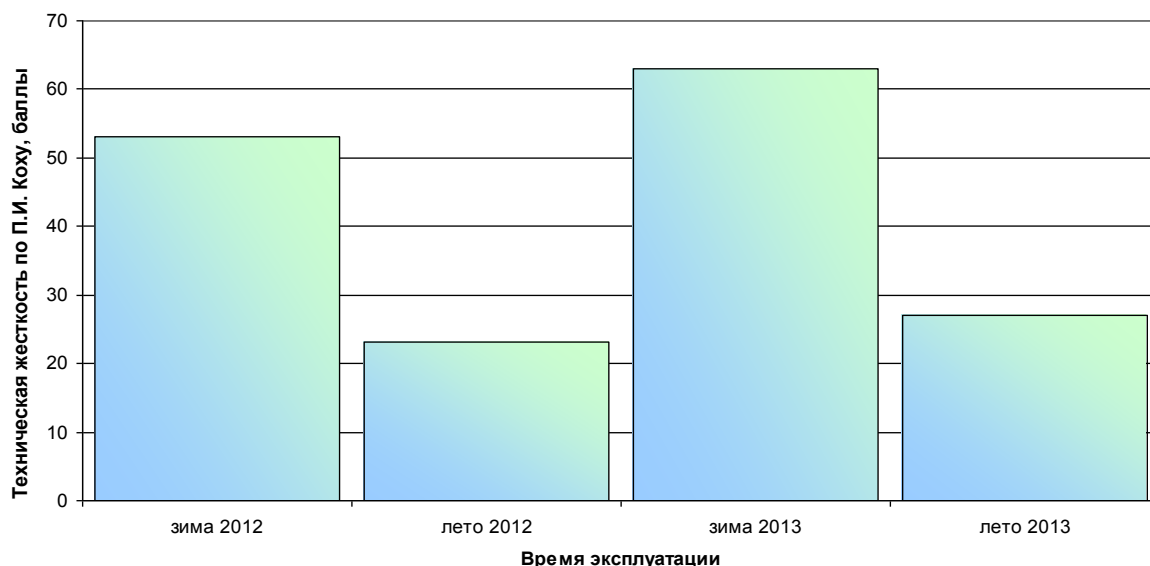


Рисунок 3.1 – Изменение технической жесткости по П.И. Коху в Сибирском ФО в период с 2012-2013 гг.

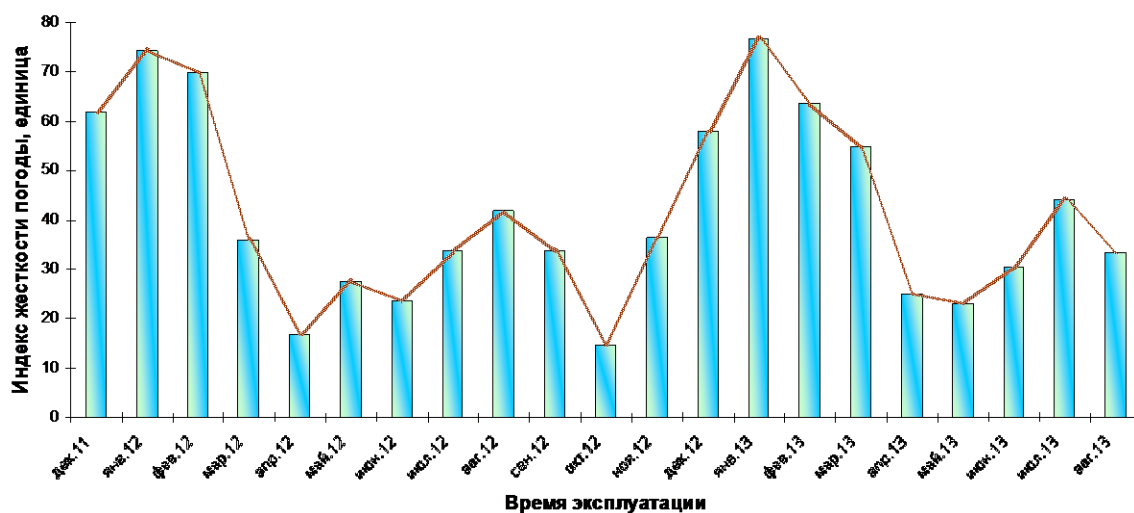


Рисунок 3.2 – Изменение индекса жесткости погоды в Сибирском ФО в период с 2012-2013 гг.

Усреднив индексы жесткости погоды по трём наиболее холодным и наиболее теплым месяцам года, получим диаграмму изменения данного параметра для тех же условий, которые принимаются к рассмотрению в модели П.И. Коха. Диаграмма представлена на рисунке 3.3.

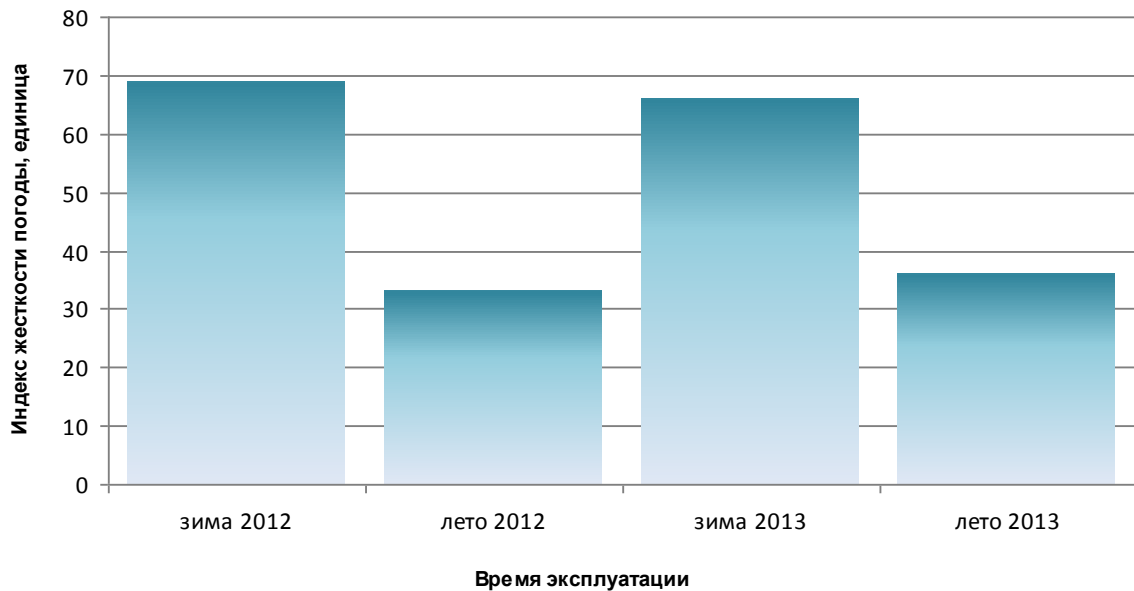


Рисунок 3.3 – Изменение индекса жесткости погоды в Сибирском ФО в период с 2012-2013 гг. по трём наиболее холодным и наиболее теплым месяцам года

Как видно из сравнения рисунков 3.1 и 3.3 имеется хорошее качественное совпадение по П.И Коху и по предложенному выражению (3.1). Однако индекс жесткости погоды позволяет учитывать вклад погодных условий в деградационные процессы горного оборудования точнее, как это следует из рисунка 3.2.

Поскольку экскаватор работает непрерывно в течение всего календарного периода, в том числе весенний и осенний период, целесообразным представляется определять воздействие погодных условий на работу экскаватора с использованием предложенного интегрального показателя – индекса жесткости погоды, учитывающего единообразно влияние отрицательных и положительных температур к сопутствующим им погодных проявлений в отличие от технической жесткости по П.И. Коху для холодного и жаркого климата.

3.2. Эффективность эксплуатации карьерных экскаваторов в функции изменения величины индекса жесткости погоды

В процессе выполнения работ была проведена оценка эффективности работы карьерных экскаваторов ЭКГ-32Р, эксплуатируемые АО УК «Кузбассразрезуголь». Для оценки влияния климатического фактора на эксплуатацию экскаваторов был проведен расчет индекса жесткости погоды для условий в Сибирском ФО, где и осуществлялась эксплуатация экскаваторов [43].

Экскаваторы ЭКГ-32Р спроектированы для условий умеренного климата, что соответствует диапазону температур от минус 40°C до плюс 40°C [99]. Сопоставив расчетные значения индекса жесткости погоды в рассматриваемый период эксплуатации с температурой воздуха в этот же период, была получена таблица соответствия этих параметров.

Таблица 3.1 – Соответствие индекса жесткости погоды температуре воздуха

| Индекс жесткости погоды | 0÷10 | 10÷20 | 20÷30 | 30÷40 | 40÷50 | 50÷60 | 60÷70 | 70÷80 | 80÷90 |
|-----------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Диапазон отрицательных температур | 0÷ -2,5 | -2,5÷ -9 | -9÷ -16 | -16÷ -22 | -22÷ -29 | -29÷ -35 | -35÷ -45 | -45÷ -49 | -49÷ -55 |
| Диапазон положительных температур | 0÷5 | 5÷15 | 15÷24 | 24÷31 | 31÷37 | 37÷44 | | | |

Из таблицы следует, что при индексе жесткости погоды более 55 в теплое время года и более 65 в холодное время года температурные условия эксплуатации выходят за пределы проектных значений. Следовательно, условия эксплуатации экскаваторов при индексе жесткости погоды более 55 единиц являются наиболее неблагоприятными [40, 43].

На Рисунке 3.4 представлено изменение индекса жесткости погоды в период с 2011 по 2015 гг.

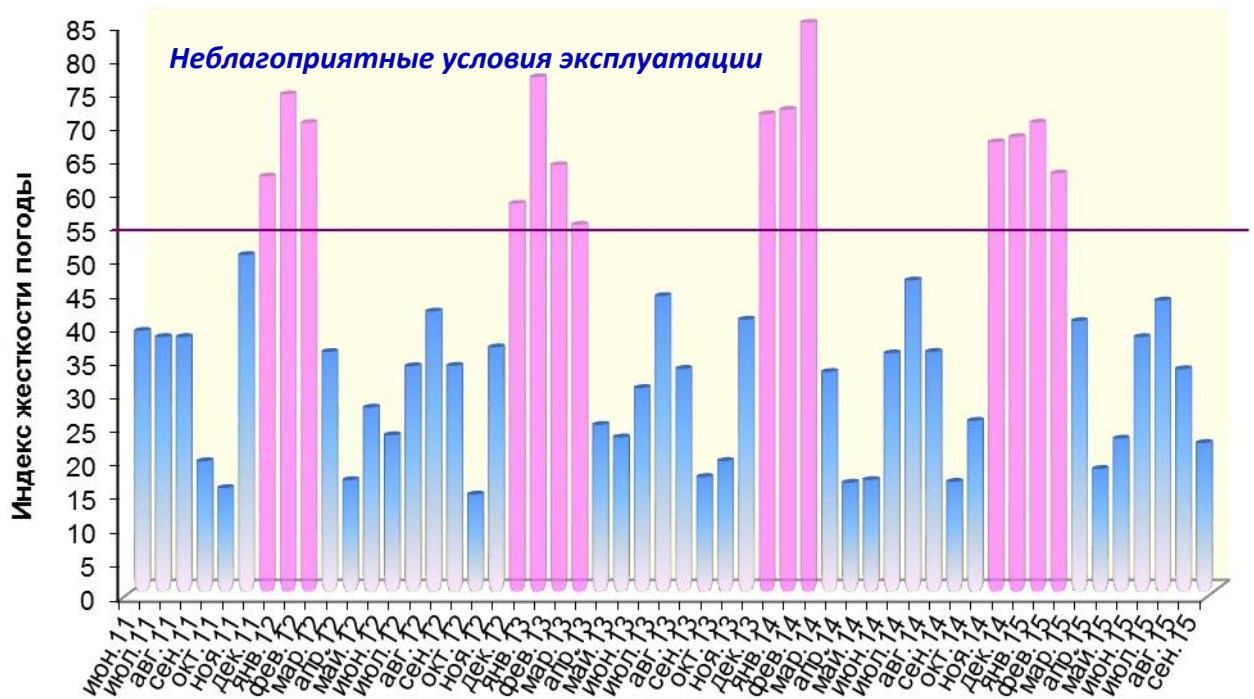


Рисунок 3.4 – Изменение величины индекса жесткости погоды в Сибирском ФО в период 2011-2015 гг.

Из анализа диаграммы можно сделать вывод, что наибольшее значение индекса жесткости погоды, характеризующее наименее благоприятные условия, приходится на холодное время года. В диаграмме они выделены розовым цветом.

На базе фактических данных об изменении погодных условий в указанный период и расчетам на их основе индексов жесткости погоды получено распределение времени эксплуатации карьерных экскаваторов типа ЭКГ при различных индексах погоды (рисунок 3.5) [43].

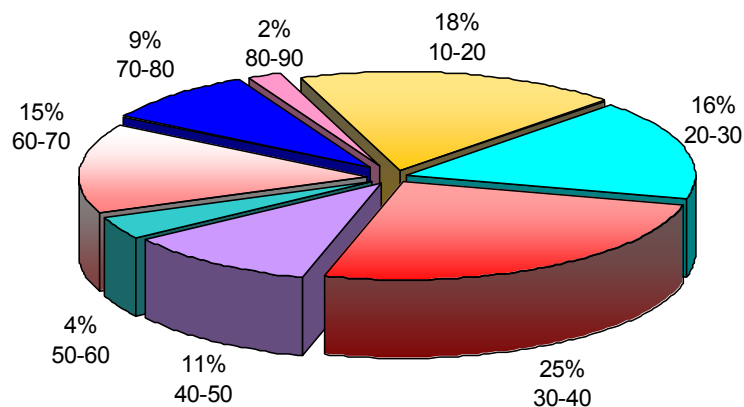


Рисунок 3.5 – Относительная наработка экскаваторов в погодных условиях при ее оценке индексом жесткости погоды $I_{п}$

Наибольшая продолжительность наработки (25 %) приходится на интервал индекса жесткости погоды 30-40 единиц. В неблагоприятных погодных условиях, а именно при значениях индекса жесткости погоды более 55 единиц экскаваторы эксплуатируются 30% от общей наработки, что позволяет сделать вывод о значительном влиянии погодного фактора на эксплуатацию экскаваторов ЭКГ-32Р в рассматриваемых условиях [38, 43].

Для получения корректной оценки влияния погодных условий на надежность работы карьерных экскаваторов ЭКГ-32Р, учитывая разный уровень их вклада на снижение работоспособности экскаватора, необходимо провести приведение этих факторов. В качестве базы приведения были взяты номинальные условия эксплуатации экскаватора (см. раздел 1.3), в которых экскаватор функционирует, что составляет примерно 1/4 от общей продолжительности наработки экскаватора. Индекс жесткости погоды для этих условий находится в пределах 30-40 [43].

Для приведения были использованы коэффициенты приведения, равные отношению базовой величины наработки к фактической в пределах выбранных интервалов индекса жесткости погоды. Умножая данные коэффициенты на фактическую наработку экскаватора при работе его в диапазоне жесткостей погоды отличных от номинальных, удалось выровнять между собой временные промежутки функционирования экскаватора во всем диапазоне интервалов индекса жесткости погоды [43]. Индексы жесткости погоды и соответствующие им коэффициенты приведения представлены в таблице ниже.

Таблица 3.2 – Соответствие коэффициентов приведения индексов жесткости погоды номинальным условиям

| I_n | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 | 80-90 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| k_n | 1,39 | 1,56 | 1 | 2,27 | 6,25 | 1,67 | 2,78 | 12,5 |

Приведенное количество отказов в выровненных интервалах наработки с учетом фактических аварийных отказов на производстве позволяет выявить функциональные зависимости влияния только погодных проявлений на безотказность работы экскаватора при прочих равных условиях [43].

В результате сопоставления приведенного количества отказов по узлам карьерного экскаватора, определенного на основе статистических данных с учетом коэффициентов приведения индексов жесткости погоды были получены функциональные зависимости изменения количества отказов в период эксплуатации карьерных экскаваторов с 2011 по 2015 годы в функции индекса жесткости погоды по отдельным элементам структуры экскаватора, представленные на рисунках 3.6-3.11.

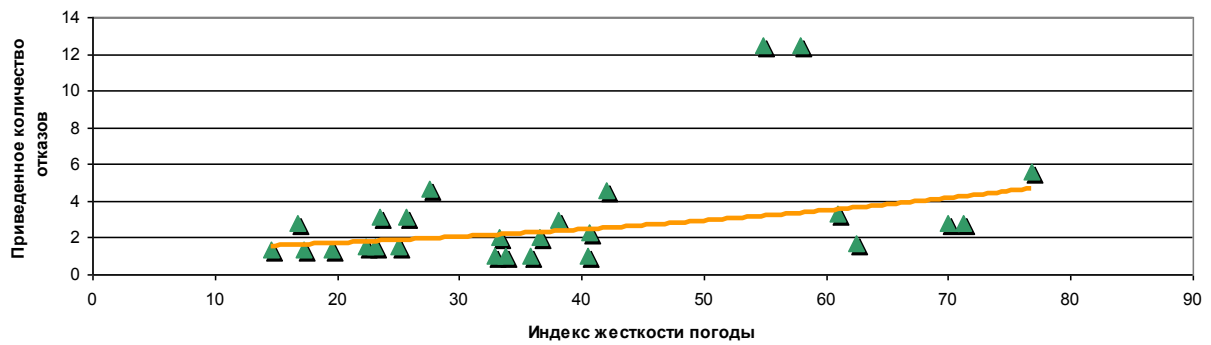


Рисунок 3.6 – Приведенное количество отказов электродвигателей в функции индекса жесткости погоды

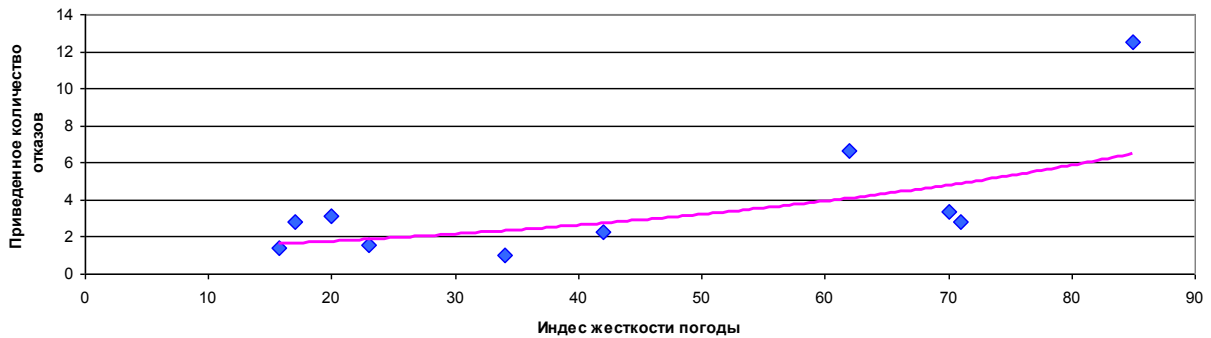


Рисунок 3.7 – Приведенное количество отказов зубьев ковша в функции индекса жесткости погоды

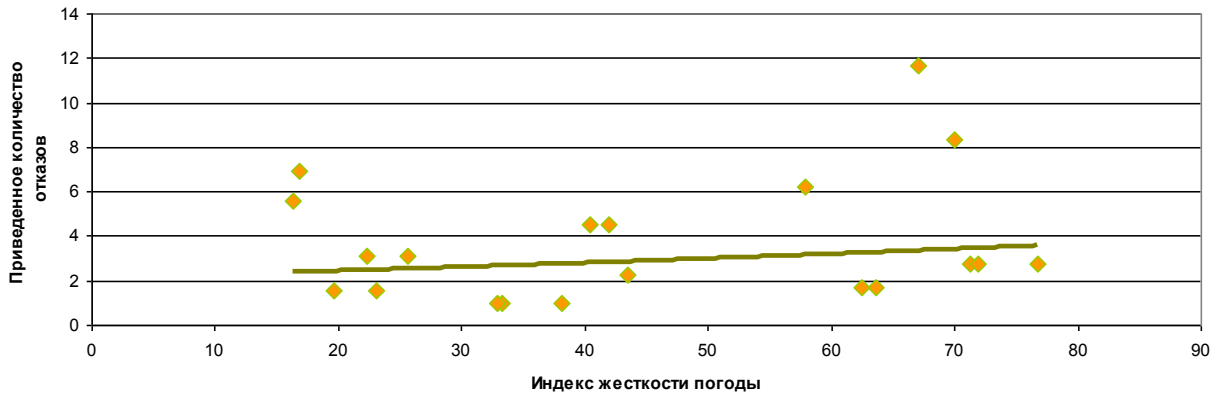


Рисунок 3.8 – Приведенное количество отказов трансмиссии в функции индекса жесткости погоды

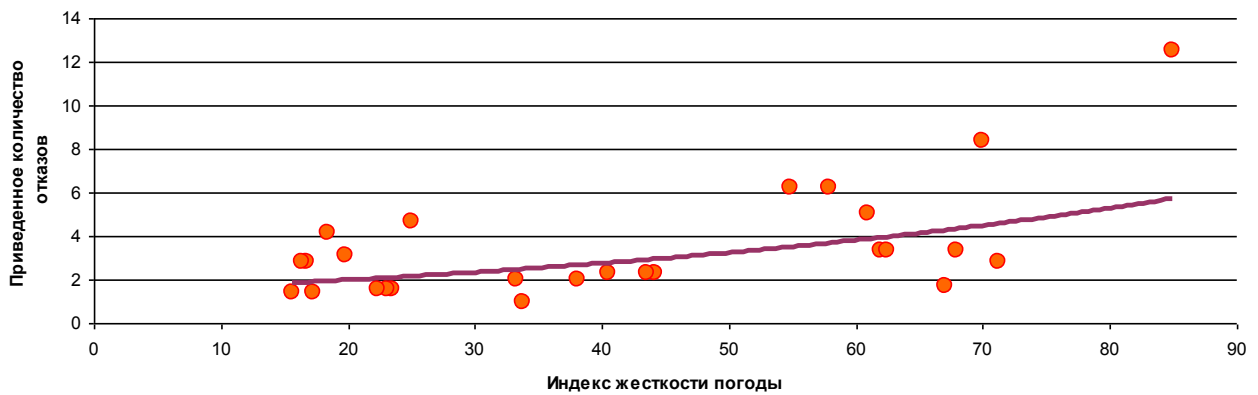


Рисунок 3.9 – Приведенное количество отказов устройства управления в функции индекса жесткости погоды

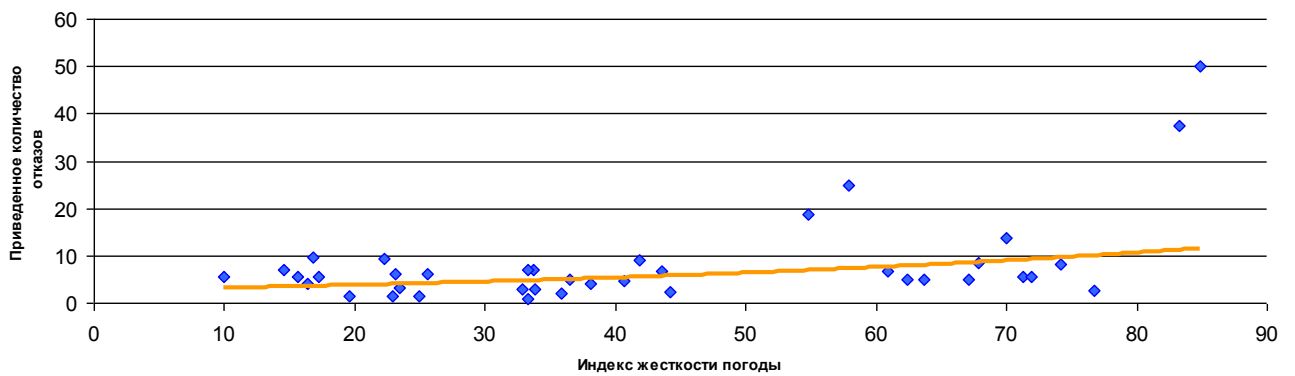


Рисунок 3.10 – Приведенное количество отказов рабочего оборудования и ходовой тележки в функции индекса жесткости погоды

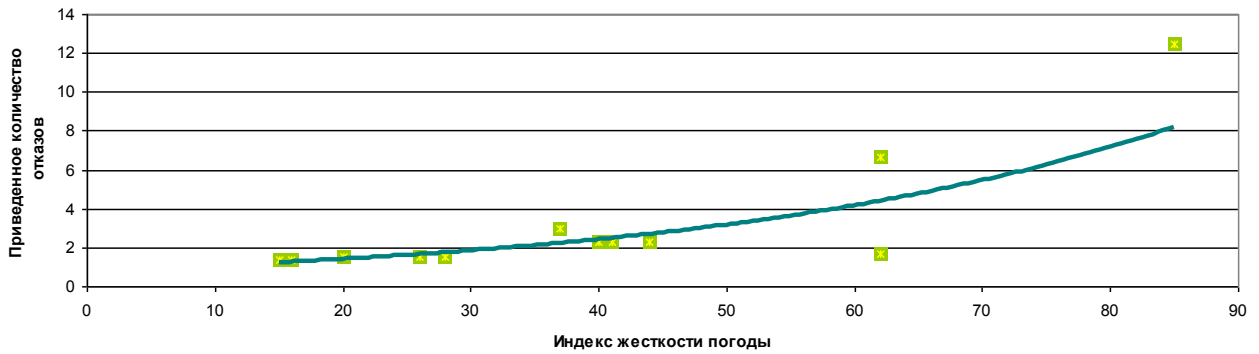


Рисунок 3.11 – Приведенное количество отказов канатов в функции индекса жесткости погоды

Из графиков, представленных на рисунках 3.6-3.11 следует, что с увеличением индекса жесткости погоды увеличивается количество отказов по всем узлам и системам экскаватора, что объясняется увеличивающимся негативным погодным воздействием. На данных графиках экспериментальные точки аппроксимированы экспоненциальными зависимостями. Разброс экспериментально полученных точек относительно аппроксимированной кривой объясняется тем, что отказы вызываются не только воздействием погодных условий. Тем не менее однозначно прослеживается и не подлежит сомнению общая тенденция к увеличению количества отказов.

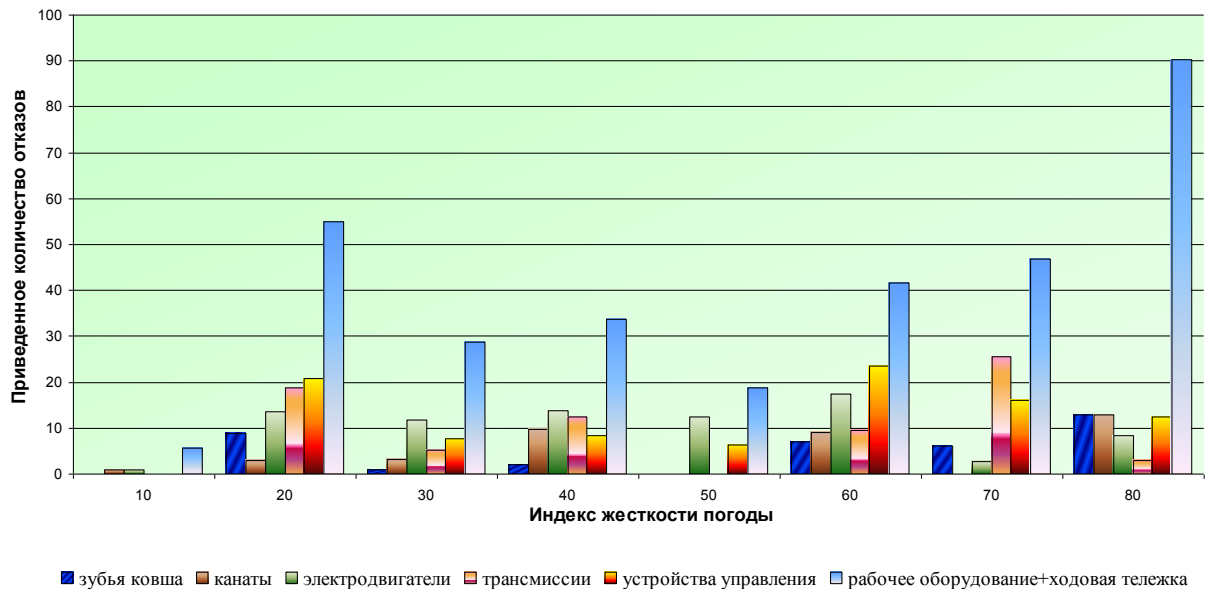


Рисунок 3.12 – Приведенное количество отказов по узлам в функции индекса жесткости погоды

На рисунке 3.12 представлены распределения количества отказов карьерного экскаватора ЭКГ-32 по узлам, а именно: электродвигатели, устройства управления, канаты, трансмиссии, зубья ковша, рабочее оборудование и ходовая тележка.

Из представленной выше диаграммы видно, что погодные условия в наибольшей степени влияют на отказы рабочего оборудования и ходовой тележки, а наименьшее влияние оказывается на трансмиссии машины [43].

На рисунке 3.13 представлено изменение суммарного количества отказов от индекса жесткости погоды.

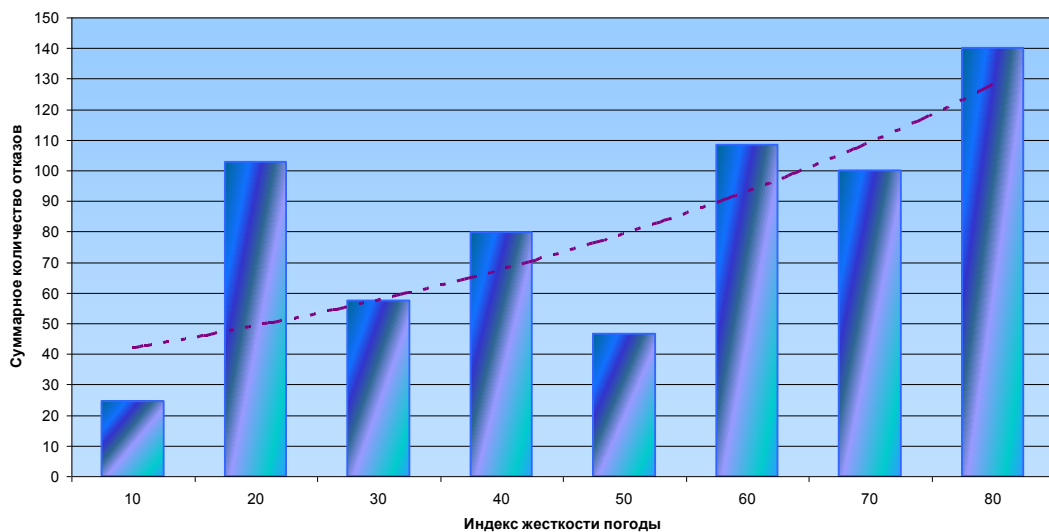


Рисунок 3.13 – Зависимость суммарного количества отказов от индекса жесткости погоды

Установлено, что с увеличением индекса жесткости погоды суммарное количество отказов карьерного экскаватора увеличивается по экспоненциальному закону [40].

Аналогичным образом была получена зависимость экспоненциального вида, с помощью которой можно определить количество отказов и среднее время восстановления и тем самым оценить влияние погодных условий на техническое состояние карьерного электрического экскаватора. Зависимость представлена на рисунке 3.14.

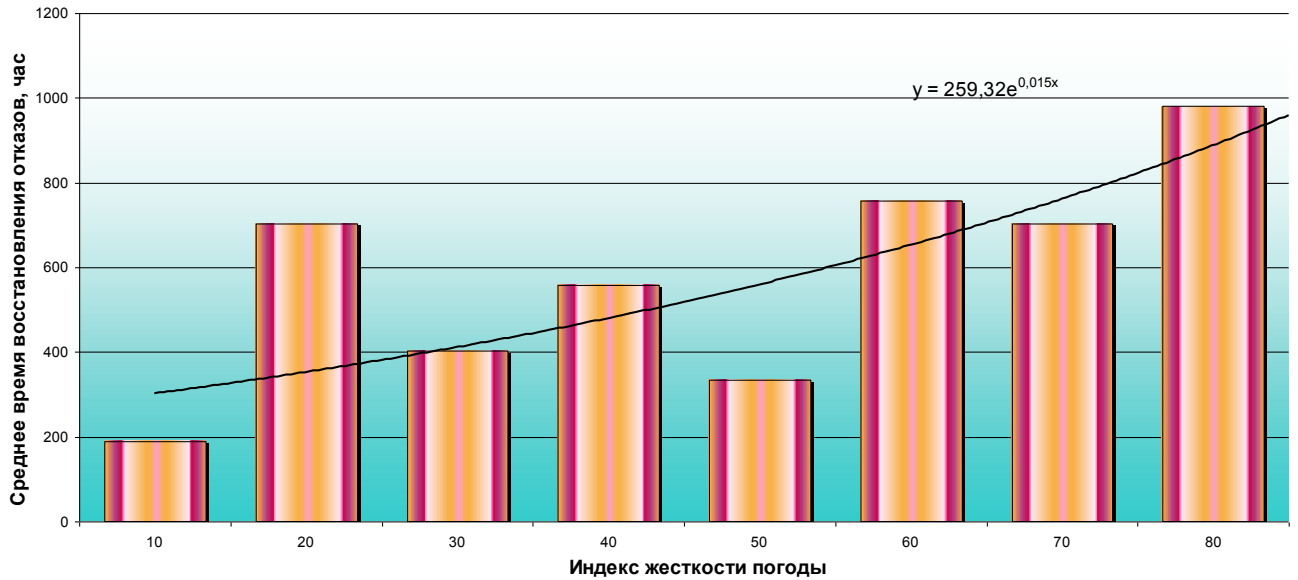


Рисунок 3.14 – Аппроксимация величины среднего времени восстановления отказов экскаватора ЭКГ-32Р в функции величины индекса жесткости погоды $I_{п}$

Из графика, представленного следует, что с увеличением величины индекса жесткости погоды среднее время восстановления карьерного экскаватора после отказа увеличивается по экспоненциальному закону. Уравнение регрессии $y = 259,32e^{0,015I_{п}}$ применено при выводе формулы для коэффициента, учитывающего погодные условия (коэффициент индекса жесткости погоды $K_{ИП}$) с целью прогноза наработки карьерного экскаватора:

$$K_{ИП} = \frac{6800 - 259,32e^{0,015I_{п}}}{6800} = 1 - 3,8 \cdot 10^{-2} e^{0,015I_{п}}, \quad (3.2)$$

где $I_{п}$ – индекс жесткости погоды, определяется по выражению 3.1 для реальных условий эксплуатации карьерного экскаватора.

Выводы по главе 3

1. Представляется целесообразным определять воздействие погодных условий на эффективность эксплуатации экскаватора с использованием предложенного интегрального показателя – единой шкалы индекса жесткости погоды, во всем диапазоне рабочих условий эксплуатации карьерного электрического экскаватора.

2. Установлено, что при индексе жесткости погоды более 55 единиц в теплое время года и более 65 единиц в холодное время года температурные условия эксплуатации выходят за пределы проектных значений.

3. Установлено, что в неблагоприятных климатических условиях, а именно при значениях индекса жесткости погоды более 55 единиц экскаваторы эксплуатируются около 30% от общего времени, что позволяет сделать вывод о значительном влиянии климатического фактора на эксплуатацию экскаваторов ЭКГ-32Р в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь».

4. Установлено, что погодные условия в наибольшей степени влияют на отказы рабочего оборудования и ходовой тележки, а наименьшее влияние оказывается на трансмиссии машины [43].

5. Установлено, что с увеличением индекса жесткости погоды суммарное количество отказов карьерного экскаватора увеличивается по экспоненциальному закону [40].

6. По результатам обработки экспериментальных данных получены функциональные зависимости экспоненциального вида, позволяющие определить количество отказов и время восстановления карьерных экскаваторов в функции индекса жесткости погоды.

ГЛАВА 4. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ БОЛЬШОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ

4.1. Информационная модель прогнозирования и оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности

Как было рассмотрено во второй главе, проблема и значения остаточной наработки карьерного экскаватора в зависимости от его возраста и условий эксплуатации должны определяться по алгоритму.

На первом этапе необходимо произвести ввод исходных данных для эксплуатации карьерного электрического экскаватора большой единичной мощности в номинальных условиях, которые представлены в первой главе.

Структура модели комплексной оценки технического состояния и остаточного ресурса электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности от воздействия факторов природно-техногенного характера представлена на рисунке 4.1 [36, 40].

Предложенная автором модель, созданная на основании предложенного алгоритма и уточненная в результате теоретических и экспериментальных исследований, позволяет прогнозировать и производить оценку величины наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности в номинальных и заданных условиях эксплуатации имеет следующее описание.

Прогноз годовой наработки в номинальных условиях эксплуатации определяется по формуле 1.6, предложенной Д.А. Шибановым, ранее представленной в первой главе:

$$Q_{\text{пр}} = [Q] (1 - 5 \cdot 10^{-4} Y^2 + 6 \cdot 10^{-4} Y), \quad (4.1)$$

где Y – число лет эксплуатации карьерного экскаватора;

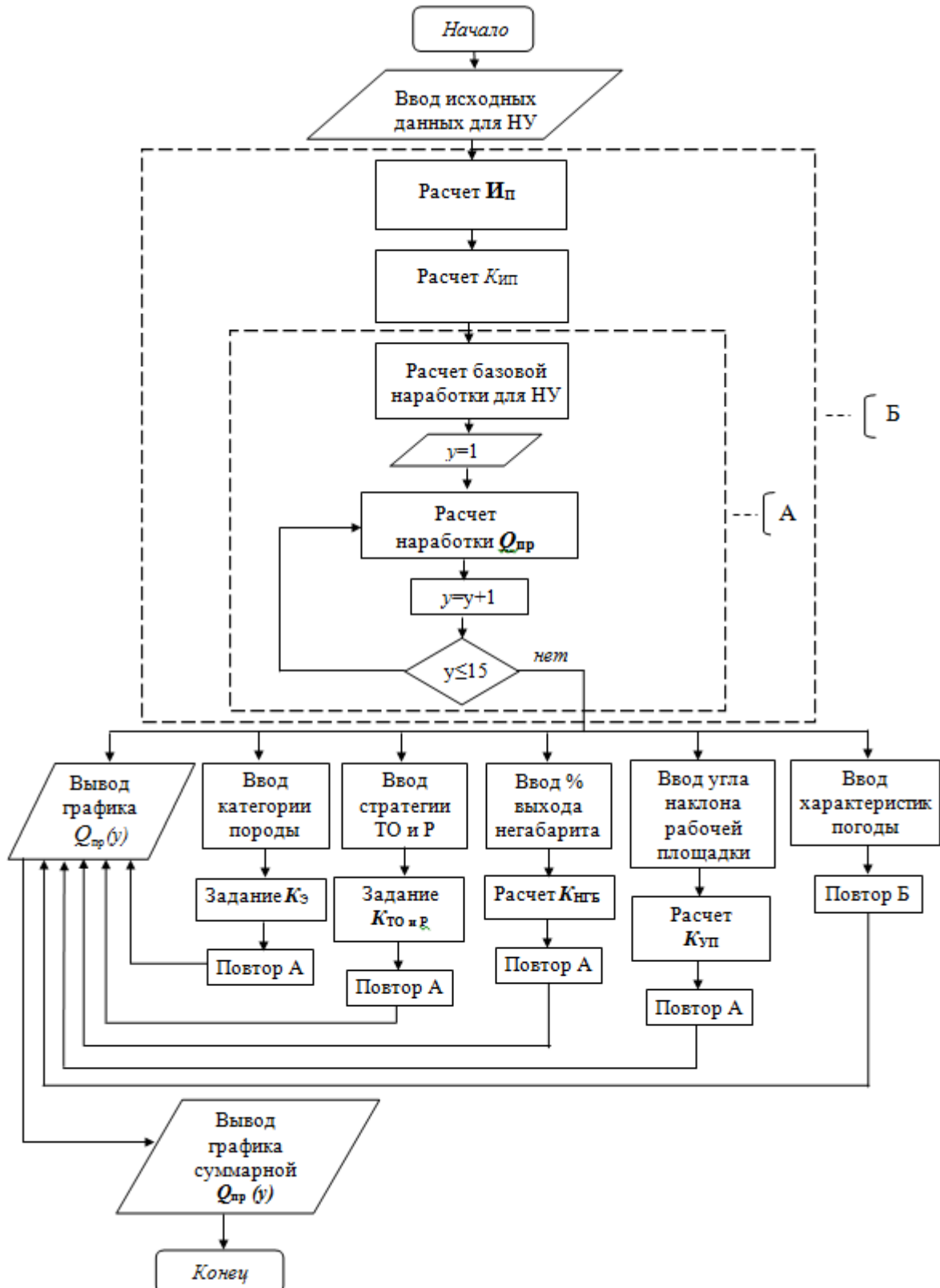


Рисунок 4.1 – Структура информационной модели комплексной оценки технического состояния и остаточного ресурса электрического карьерного экскаватора от воздействия факторов природно-техногенного характера

$[Q]$ – годовая базовая наработка экскаватора для номинальных условий эксплуатации, м^3 , определяемая по следующей формуле:

$$[Q] = 3600 t_{\text{ц}}^{-1} E T K_{\text{э}} K_{\text{ТО и Р}} K_{\text{НГБ}} K_{\text{УП}} K_{\text{ИП}}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{ц}}$ – время цикла, дня номинальных условий, согласно руководству по эксплуатации карьерного экскаватора ЭКГ-32Р, равно 30 с;

E – вместимость ковша, для экскаватора ЭКГ-32Р составляет 32 м^3 ;

T – фонд времени, для номинальных условий принимаем 8760 ч;

$K_{\text{э}}$ – коэффициент экскавации, для номинальных условий равен 0,7;

$K_{\text{ТО и Р}}$ – коэффициент стратегии ТО и Р, для номинальных условий равен 0,692 (предупредительная стратегия, система ППР);

$K_{\text{НГБ}}$ – коэффициент негабарита, для номинальных условий равен 0,979;

$K_{\text{УП}}$ – коэффициент наклона рабочей площадки, для номинальных условий равен 0,959;

$K_{\text{ИП}}$ – коэффициент погоды. Его величина определяется согласно индексу жесткости погоды (раздел 3.1) для конкретных условий эксплуатации и рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ИП}} = 1 - 3,8 \cdot 10^{-2} e^{0,015 I_{\text{п}}}, \quad (4.3)$$

где $I_{\text{п}}$ – индекс жесткости погоды. Определяется из выражения:

$$I_{\text{п}} = (0,75 |t_{\text{ср}} - 8| + 0,25 |t_{\text{абс}} - 2|) (1 + 0,015\sigma) (1 + 0,07\nu) (1 + 0,26\phi) (1 + 0,01R) \times \\ \times (1 + 0,014n) (1 + 0,022\tau), \quad (4.4)$$

где $t_{\text{ср}}$ – месячная среднегодовая средняя температура, для номинальных условий равна $5,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{абс}}$ – месячная среднегодовая абсолютная температура, для номинальных условий равна $38 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

σ – месячное среднегодовое рассеивание температуры, для номинальных условий равно $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

ν – месячная среднегодовая скорость ветра, для номинальных условий равна $1,4 \text{ м/с}$;

φ – месячная среднегодовая влажность воздуха, для номинальных условий равна 0,78;

R – месячная среднегодовая солнечная радиация, для номинальных условий равна 7 ккал/см²;

n – среднемесячное среднегодовое количество дней с туманами, бурями, метелями, ливнями, для номинальных условий равно 16 дням;

τ – среднегодовая продолжительность действия температуры воздуха выше 0 °С, для номинальных условий равна 6 месяцев.

Учитывая выше сказанное, прогноз годовой наработки карьерного экскаватора в реальных условиях эксплуатации определяется по формуле:

$$Q = 3600t_{ц}^{-1} ETK_{э} K_{ТОиР} K_{НГБ} K_{УП} K_{ИП} (1 - 5 \cdot 10^{-4} Y^2 + 6 \cdot 10^{-4} Y), \quad (4.5)$$

где $K_{э}$ – коэффициент экскавации, рассмотренный во второй главе, выбирается в зависимости от категории разрабатываемой горной породы;

$K_{ТОиР}$ – коэффициент стратегии ТО и Р, рассмотренный во второй главе, выбирается в соответствии с принятой на предприятии стратегией ТО и Р;

$K_{НГБ}$ – коэффициент негабарита, для фактических условий эксплуатации определяется с учетом % выхода негабарита:

$$K_{НГБ} = 1 - 1,86 \cdot 10^{-2} e^{0,06НГ}; \quad (4.6)$$

$K_{УП}$ – коэффициент наклона рабочей площадки, для фактических условий эксплуатации рассчитывается с учетом реального угла наклона рабочей площадки α [39]:

$$K_{УП} = 1 - 6,45 \cdot 10^{-4} e^{0,83\alpha}; \quad (4.7)$$

$K_{ИП}$ – коэффициент погоды для фактических условий эксплуатации будет определяться по формуле 4.3 с учетом реальных параметров погоды.

Цикл расчета прогнозируемой годовой наработки карьерного экскаватора производится с первого по пятнадцатый год эксплуатации машины.

4.2. Прикладная программа комплексной оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности в заданных условиях эксплуатации

«Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р» разработана автором, написана на языке программирования Java Script (Приложение Г) и защищена патентом РФ № 2018618377 [42] (Приложение Д).

Диалоговое окно (интерфейс) программы «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р» представлено на рисунке 4.2.

«Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р» по результатам обработки введенных данных визуализирует изменение годовой наработки экскаватора в номинальных условиях эксплуатации согласно руководству по эксплуатации карьерными экскаваторами, годовой наработки в реальных условиях эксплуатации с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера.

Программа позволяет провести оценку наработки карьерного экскаватора с учетом воздействия следующих факторов:

- погодных условий эксплуатации;
- горно-геологических условий;
- качества подготовки забоя и горной массы;
- принятой стратегии ТО и Р.

Программа также показывает суммарный эффект этого воздействия.

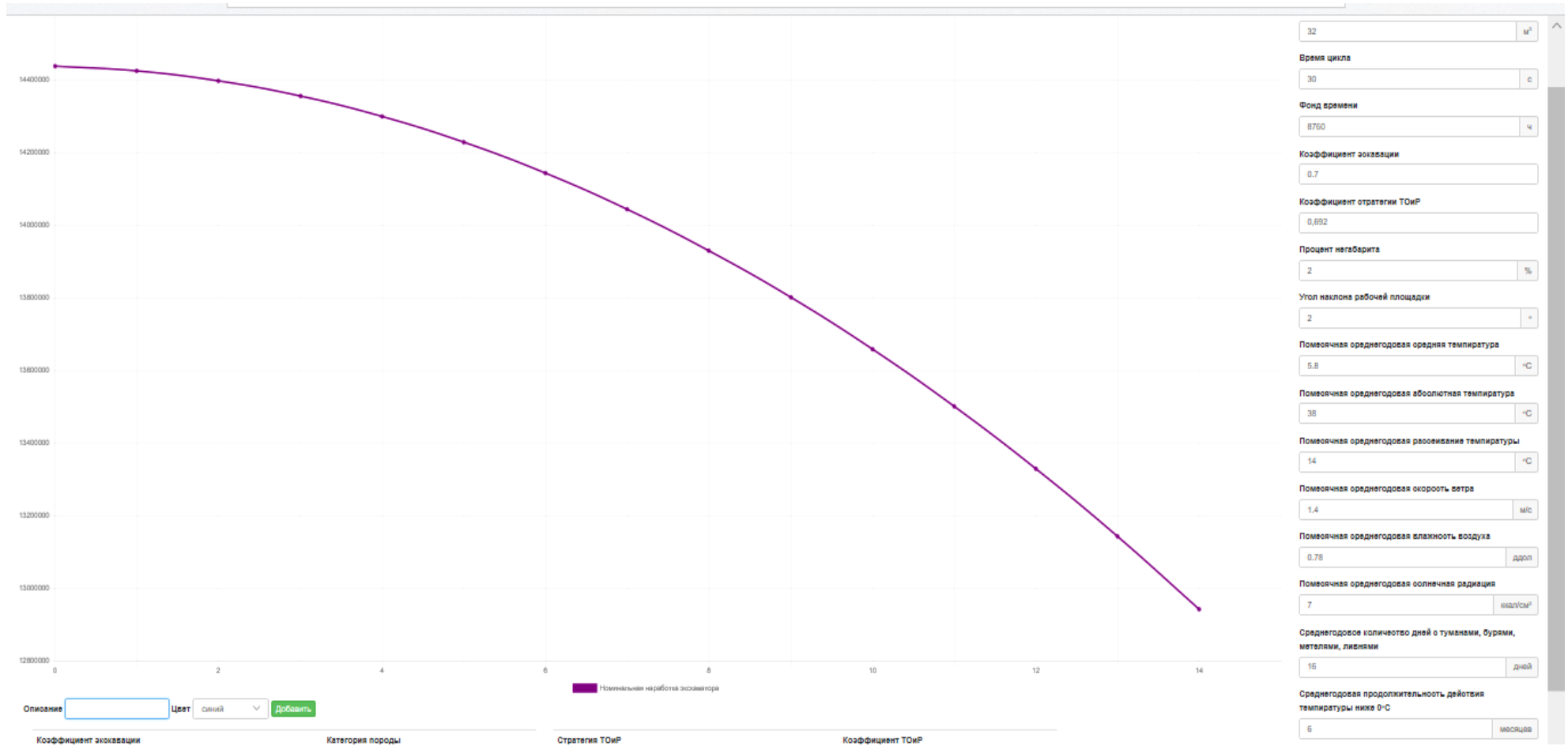


Рисунок 4.2 – Диалоговое окно программы «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р»

Для расчета по разработанной программе с клавиатуры в соответствующие окна необходимо ввести исходные данные в следующей последовательности:

- ⇒ «Вместимость ковша», м³;
- ⇒ «Время цикла», с;
- ⇒ «Фонд времени», час;
- ⇒ «Коэффициент экскавации» вводится в соответствии с категорией горных пород;
- ⇒ «Коэффициент стратегии ТО и Р» вводится в соответствии с принятой на предприятии стратегией ТО и Р;
- ⇒ «Процент выхода негабарита», %;
- ⇒ «Угол наклона рабочей площадки», град.;
- ⇒ «Помесячная среднегодовая средняя температура», °С;
- ⇒ «Помесячная среднегодовая абсолютная температура», °С;
- ⇒ «Среднегодовое рассеивание температуры», °С;
- ⇒ «Помесячная среднегодовая скорость ветра», м/с;
- ⇒ «Помесячная среднегодовая влажность воздуха», доли единицы;
- ⇒ «Помесячная среднегодовая солнечная радиация», ккал/см²;
- ⇒ «Среднегодовое количество дней с туманами, бурями, метелями, ливнями», дни;
- ⇒ «Среднегодовая продолжительность действия температуры воздуха выше 0 °С», месяц.

Результатом представленных отчетов является графическая информация прогнозируемой наработки экскаватора от года эксплуатации в номинальных условиях и реальных с учетом факторов воздействия природно-техногенного характера.

4.3. Результаты компьютерного моделирования с использованием прикладной программы комплексной оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности

В соответствии с разработанной информационной моделью прогнозирования и оценки величины наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности и прикладной программой «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р» спрогнозирована наработка экскаватора ЭКГ-32Р для номинальных и реальных условий эксплуатации с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера.

Прогноз наработки (м^3) карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в зависимости от изменения различных факторов природно-техногенного воздействия представлен на рисунках 4.3-4.10.

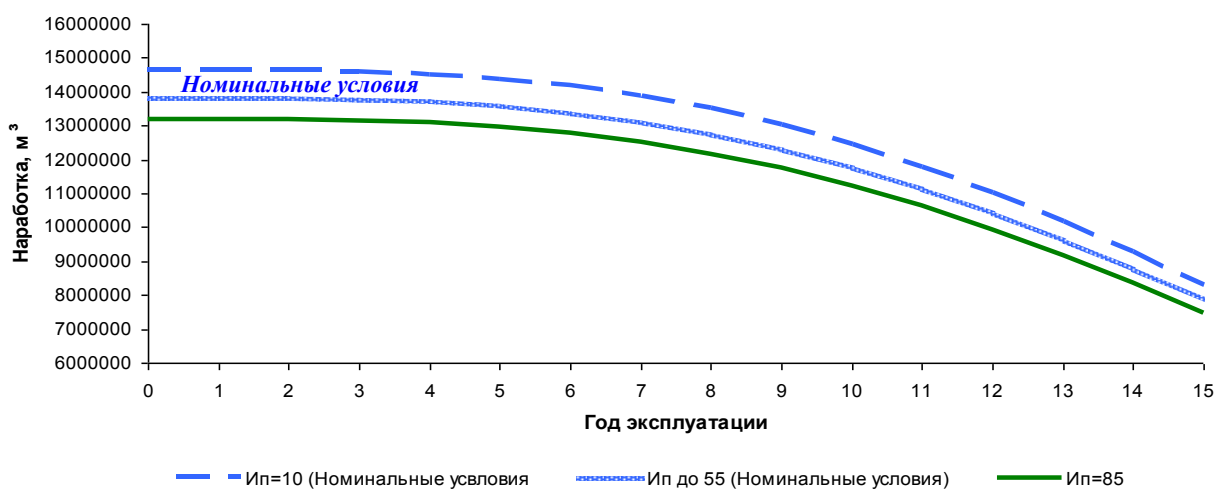


Рисунок 4.3 – Прогноз наработки в зависимости от изменения индекса жесткости погоды

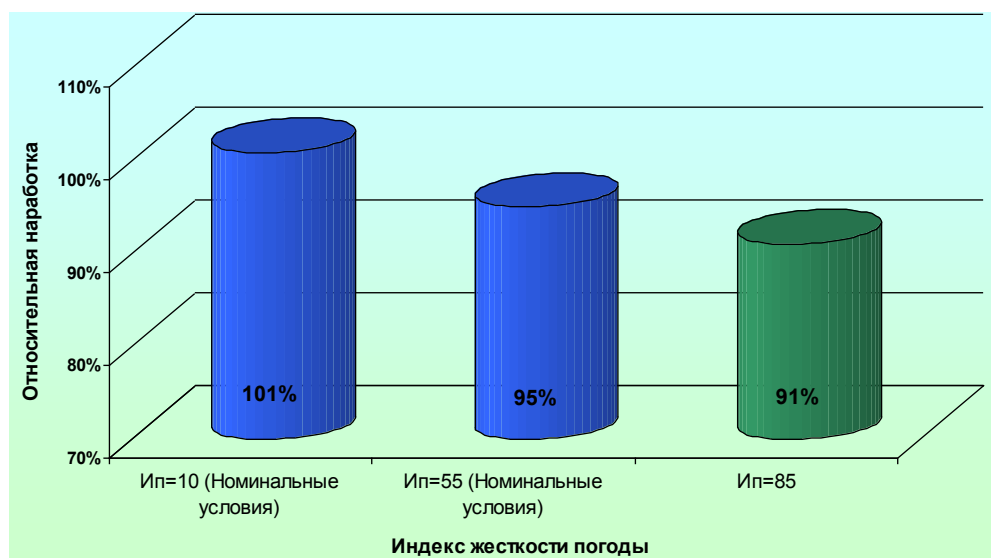


Рисунок 4.4 – Прогноз наработки в зависимости от изменения индекса жесткости погоды (в относительных единицах)

Из графиков, представленных на Рисунке 4.3 следует, что наработка экскаватора в номинальных условиях эксплуатации ($I_{п} = 10...55$, синяя область) в первый год эксплуатации составит от 14,5 млн. м³ при $I_{п} = 10$ до 13,8 млн. м³ при $I_{п} = 55$. С течением времени наработка будет уменьшаться по экспоненциальному закону и через 15 лет эксплуатации составит от 8,3 млн. м³ до 7,8 млн. м³. При эксплуатации экскаватора в более жестких климатических условиях, выходящих за пределы номинальных, наработка будет меньше (красный график, соответствующий $I_{п} = 85$), при этом характер уменьшения годовой наработки с течением времени останется неизменным.

На рисунке 4.4 представлен прогноз наработки в относительных единицах, где за базу сравнения (100%) принята ожидаемая наработка в умеренных климатических условиях Северо-Западного федерального округа ($I_{п} = 25$).

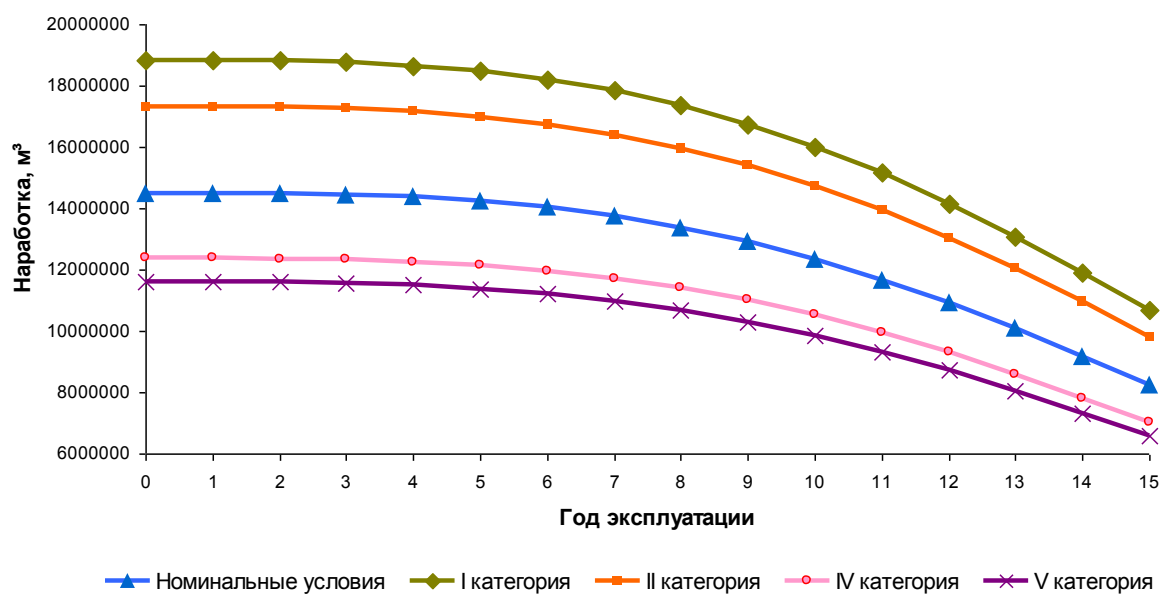


Рисунок 4.5 – Прогноз наработки в зависимости от изменения категорий горных пород

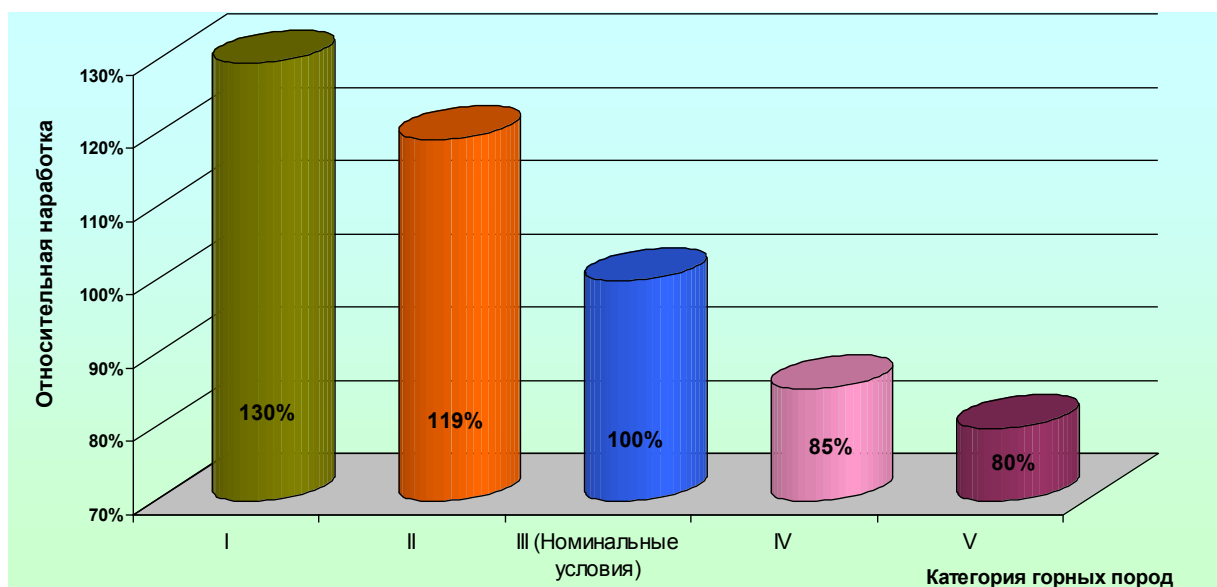


Рисунок 4.6 – Прогноз наработки в зависимости от изменения категорий горных пород (в относительных единицах)

Из графиков, представленных на рисунке 4.5 следует, что наработка экскаватора при прочих равных условиях уменьшается с увеличением категории горной породы по трудности экскавации от 18,8 млн. м³ для пород I категории до 11,6 млн. м³ для пород V категории в первый год эксплуатации. Нарботка экскаватора при разработке горных пород III категории, принимаемой в качестве номинальных условий при проектировании машины, ожидается 14,5 млн. м³. С течением времени наработка будет снижаться по

экспоненциальному закону и через 15 лет эксплуатации составит от 10,7 млн. т до 6,6 млн. м³.

На рисунке 4.6 представлен прогноз наработки в относительных единицах, где за базу сравнения (100%) принята работа экскаватора по породам III категории.

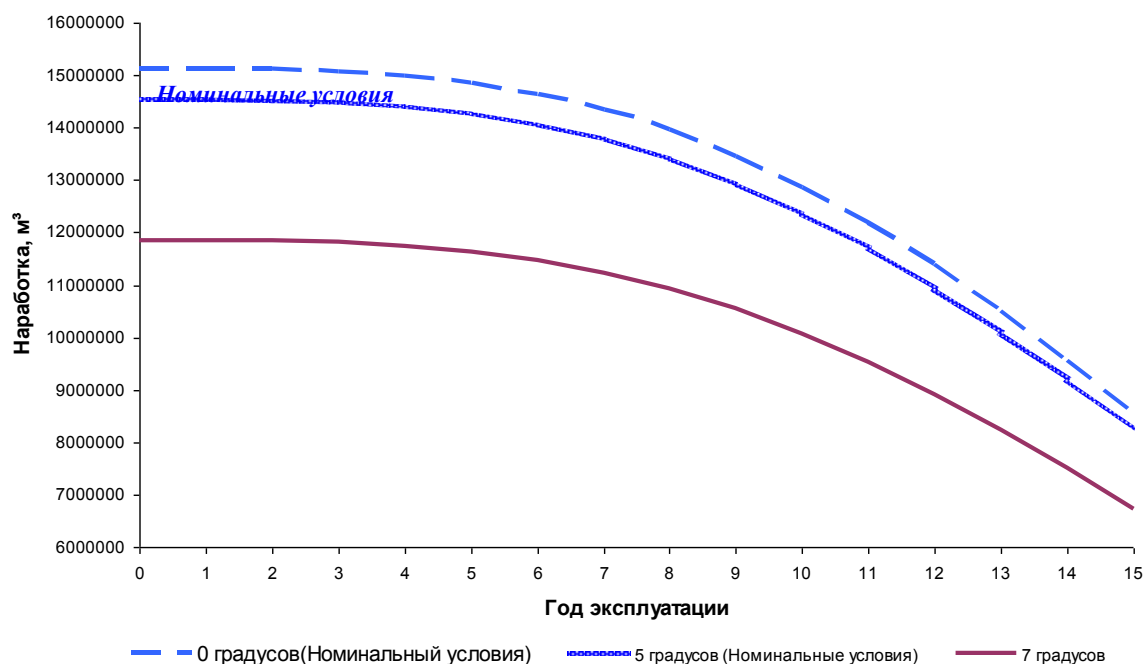


Рисунок 4.7 – Прогноз наработки в зависимости от изменения угла наклона рабочей площадки

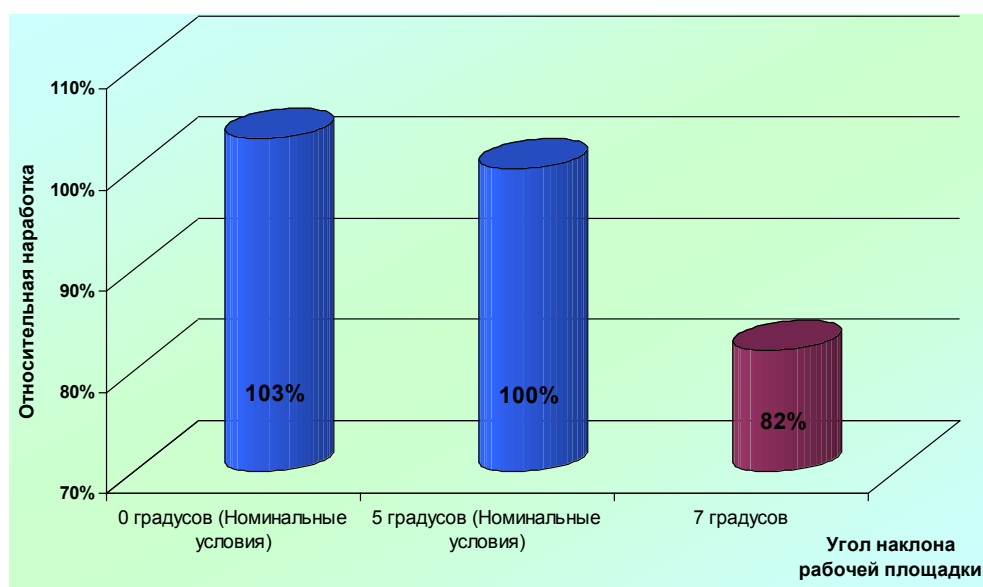


Рисунок 4.8 – Прогноз наработки в зависимости от изменения угла наклона рабочей площадки (в относительных единицах)

Из графиков, представленных на рисунке 4.7 следует, что наработка экскаватора уменьшается с увеличением угла наклона рабочей площадки и в первый год эксплуатации при работе в условиях, соответствующих регламентированным руководством по эксплуатации составит от 15,1 млн. м³ для горизонтальной рабочей площадки до 14,5 млн. м³ при угле наклона рабочей площадки 5°. Дальнейшее увеличение угла наклона рабочей площадки дает более резкое уменьшение наработки. Например, если угол наклона составит 7°, то наработка составит лишь 11,9 млн. м³. С течением времени наработка уменьшается по экспоненциальному закону.

На рисунке 4.8 представлен прогноз наработки в относительных единицах, где за базу сравнения (100%) принята работа экскаватора на рабочей площадке с углом наклона 5°.

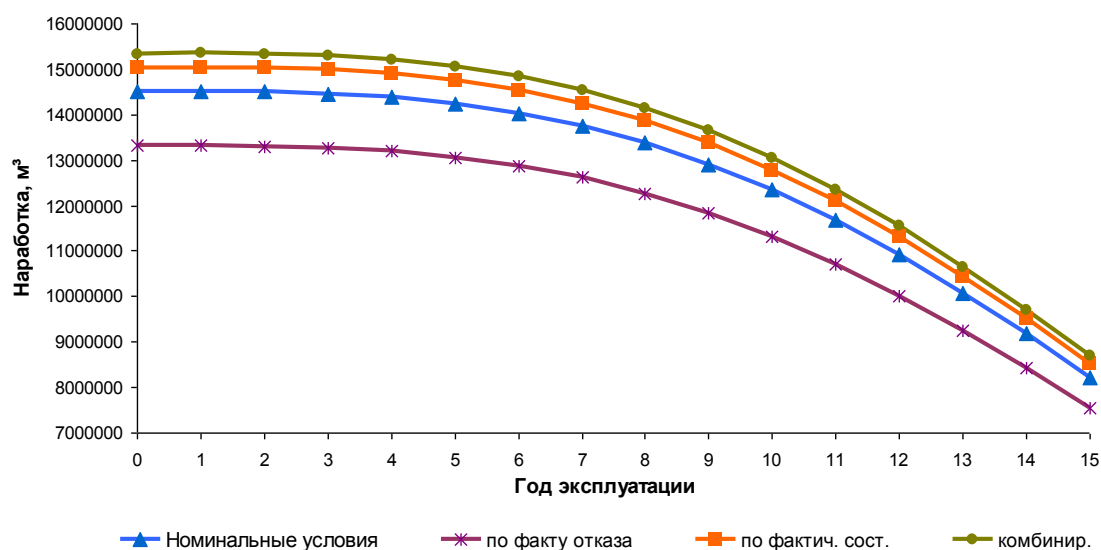


Рисунок 4.9 – Прогноз наработки в зависимости от изменения стратегии ТО и Р

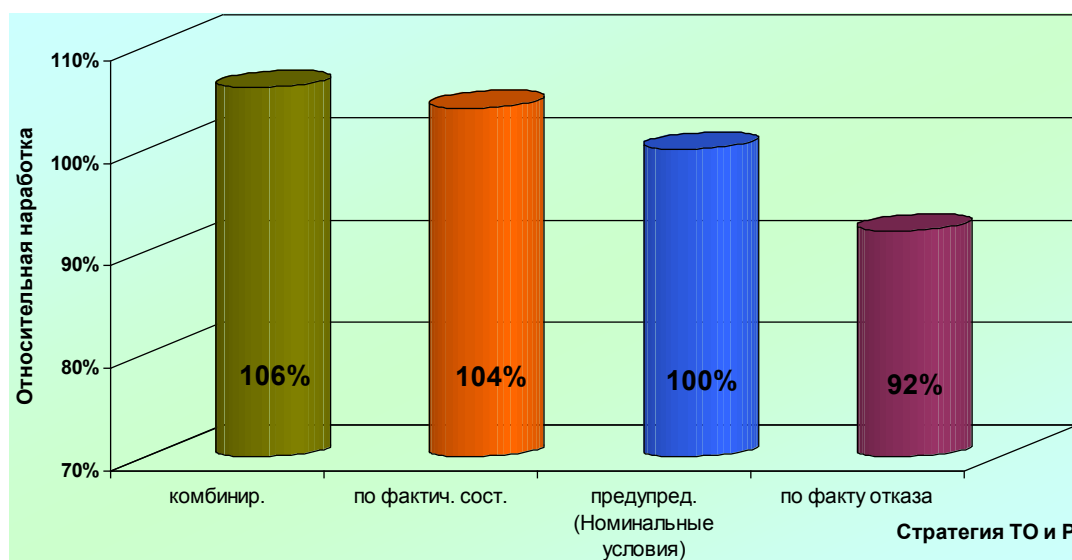


Рисунок 4.10 – Прогноз наработки в зависимости от изменения стратегии ТО и Р (в относительных единицах)

Из графиков, представленных на рисунке 4.9 следует, что существенное влияние на ожидаемую наработку карьерного экскаватора оказывает принятая стратегия ТО и Р. В первый год эксплуатации при прочих равных условиях наибольшая наработка (15,3 млн. м³) будет иметь место при комбинированной стратегии ТО и Р, наименьшая (13,3 млн. м³) – при проведении ремонтов по факту отказа. При сохранении принятой на предприятии предупредительной стратегии ожидаемая наработка составит 14,5 млн. м³. С течением времени ожидаемая наработка будет снижаться по экспоненциальному закону.

На рисунке 4.10 представлен прогноз наработки в относительных единицах, где за базу сравнения (100%) принята предупредительная стратегия ТО и Р.

На основе анализа влияния различных факторов природно-техногенного воздействия на наработку карьерного экскаватора можно сделать вывод, что независимо от воздействия любого из них годовая наработка с течением времени будет уменьшаться по экспоненциальному закону, что объясняется деградационными процессами в машине, в частности, накоплением усталостных повреждений.

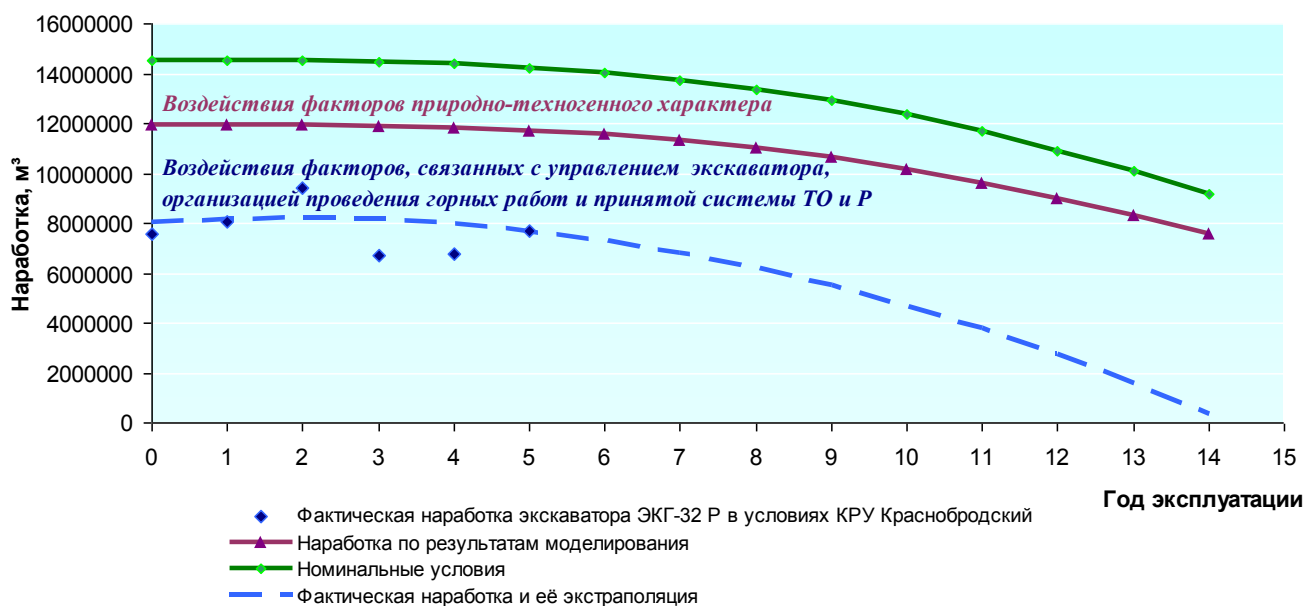


Рисунок 4.11 – Прогноз наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р

На Рисунке 4.11 представлены экстраполяция фактической наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в зависимости от времени эксплуатации в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь» и прогноз наработки ЭКГ-32Р в данных условиях по результатам компьютерного моделирования. Из сопоставления графиков следует, что характер зависимости по результатам моделирования и обработки результатов производственных наблюдений совпадает, что подтверждает адекватность разработанной информационной модели реальным процессам. Моделирование дает завышенные результаты наработки, так как в модели не учитываются простои, связанные с организацией ведения горных работ и квалификацией машиниста. Эти результаты можно рассматривать как максимальную наработку в заданных условиях.

По зависимостям, представленным на рисунке 4.11, определим коэффициент естественного старения $K_{ст}$, учитывающий уменьшение наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в номинальных условиях эксплуатации с учетом естественного старения машины. Данный коэффициент определен как отношение прогнозируемой наработки экскаватора в рассматриваемом году к его прогнозируемой наработке в первый год эксплуатации. Значения коэффициента для условий АО УК «Кузбассразрезуголь» представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Значения коэффициента естественного старения ($K_{ст}$) для номинальных условий эксплуатации

| Год эксплуатации | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $K_{ст}$ | 1,000 | 0,999 | 0,997 | 0,991 | 0,982 | 0,967 | 0,948 | 0,922 | 0,890 | 0,851 | 0,805 | 0,753 | 0,695 | 0,633 |

По зависимостям, представленным на рисунке 4.11, также можно определить факторный коэффициент, $K_{ф}$, учитывающий уменьшение наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь» с учетом факторов природно-техногенного характера по сравнению с номинальными условиями эксплуатации. Данный коэффициент определен как отношение прогнозируемой наработки экскаватора, эксплуатируемого в конкретных условиях эксплуатации к его прогнозируемой наработке в номинальных условиях в рассматриваемом году.

4.4. Уточнение и совершенствование графика проведения мероприятий по ТО и Р электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности

Уточнение графика проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту необходимо проводить с целью минимизации количества отказов и связанных с ними аварийных ремонтов с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера при эксплуатации карьерных экскаваторов [63, 66].

Уточнение графика ТО и Р, рассчитанного для номинальных условий эксплуатации в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации, производится посредством выявленных автором зависимостей, учитывающих влияние различных факторов на наработку карьерных экскаваторов большой единичной мощности (Приложение Б).

Для уточнения технически обоснованных межремонтных периодов при эксплуатации машины необходимо руководствоваться информацией, полученной в ходе компьютерного моделирования, реализованного автором.

На основе разработанной в рамках диссертационной работы модели прогнозирования и оценки величины наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности предлагается вносить изменения в регламент проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту экскаватора ЭКГ-32Р производства ООО «ИЗ-АРТЭКС имени П.Г. Коробкова».

В качестве нормативной базы регламента технического обслуживания и ремонта был выбран документ «Экскаватор карьерный гусеничный ЭКГ-32Р. Руководство по эксплуатации. Описание и работа экскаватора. Указания по эксплуатации. Техническое обслуживание» [99, 100].

В указанный нормативный документ предлагается ввести следующие изменения.

1. Введение регламента дополнить следующим содержанием.

При разработке графика технического обслуживания и ремонтов целесообразно учитывать воздействие факторов природно-техногенного характера при эксплуатации электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности в производственных условиях конкретного предприятия. Планирование графика ТО и Р проводить на основе интегральных показателей, учитывающих погодные условия, качество подготовки забоя и горной массы, горно-геологические условия и применяемые стратегии ТО и Р.

2. В приведенной в разделе регламента «Рекомендации по продолжительности и трудоемкости ТО и Р» таблице «Структура ремонтного цикла» рекомендуется регламентировать межремонтные периоды не в месяцах, а в сутках /часах, что позволит более точно учитывать остаточный ресурс деталей и узлов карьерного экскаватора, своевременно проводить техническое обслуживание и ремонт машины с учетом меняющихся условий эксплуатации. Форме таблицы целесообразно придать следующий вид (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Структура ремонтного цикла

| Вид ТО и Р | Условное обозначение | Периодичность | | | Трудоемкость чел-ч | Время нахождения машины в обслуживании и ремонтах, ч |
|-------------------------------------|----------------------|---|---------|-----------|--------------------|--|
| | | При достижении наработки, млн. м ³ | сутки | часов | | |
| «Ежемесячное» обслуживание | ТО _м | | 21-25 | 500-600 | 72 | 24 |
| Текущий ремонт первый (квартальный) | ТР ₁ | | 63-75 | 1500-1800 | 144 | 48 |
| Текущий ремонт второй (полугодовой) | ТР ₂ | | 125-150 | 3000-3600 | 360 | 72 |
| Текущий ремонт третий (годовой) | ТР ₃ | 1,8 | 250-313 | 6000-7500 | 960 | 192 |

Рекомендации по продолжительности и трудоемкости ТО и Р, приведенные в таблице 4.2 являются основой для корректировки графика ППР. Годовой график ППР для номинальных условий эксплуатации с изменениями представлен на рисунке 4.12.

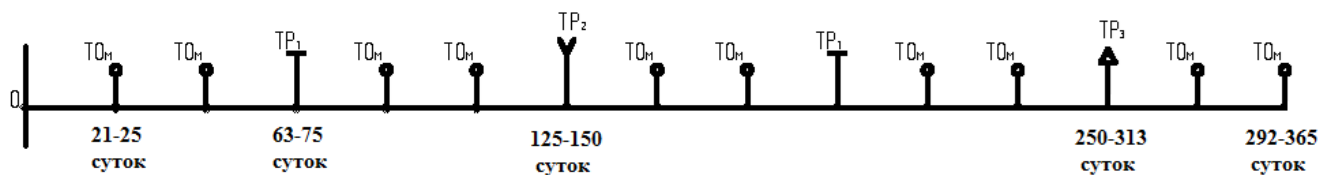


Рисунок 4.12 – Годовой график проведения мероприятий по ТО и Р

Поскольку календарный год длится 365 дней, а из Рисунка 4.12 видно, что третий текущий ремонт (годовой) ТР₃ следует проводить на 250-313 сутки, то имеет место быть проведение дополнительного «месячного» технического обслуживания с целью своевременной подготовки материалов, запчастей, средств механизации, определения состава ремонтной бригады для проведения последующих плановых ремонтных воздействий.

3. Приведенная в разделе регламента «Рекомендации по продолжительности и трудоемкости ТО и Р» структура ремонтного цикла должна быть скорректирована в зависимости от реальных условий эксплуатации карьерного экскаватора с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера и естественного старения машины (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Рекомендованная структура ремонтного цикла карьерного экскаватора

| Вид ТО и Р | Условное обозначение | Периодичность | | | Трудоемкость чел-ч | Время нахождения машины в обслуживании и ремонтах, ч |
|-------------------------------------|----------------------|---|--------------------------------------|--|--------------------|--|
| | | При достижении наработки, млн. м ³ | сутки | часов | | |
| «Ежемесячное» обслуживание | ТО _м | | $(21-25) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | $(500-600) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | 72 | 24 |
| Текущий ремонт первый (квартальный) | ТР ₁ | | $(63-75) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | $(1500-1800) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | 144 | 48 |
| Текущий ремонт второй (полугодовой) | ТР ₂ | | $(125-150) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | $(3000-3600) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | 360 | 72 |
| Текущий ремонт третий (годовой) | ТР ₃ | 1,8 | $(250-313) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | $(6000-7500) \cdot K_{ст} \cdot K_{ф}$ | 960 | 192 |

Например, для пятого года эксплуатации карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь» с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера и естественного старения машины структура ремонтного цикла будет иметь следующий вид (таблица 4.4). График ППР на пятом году эксплуатации будет иметь следующий вид (рисунок 4.13).

Таблица 4.4 – Структура ремонтного цикла карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь»

| Вид ТО и Р | Условное обозначение | Периодичность | | | Трудоемкость чел-ч | Время нахождения машины в обслуживании и ремонтах, ч |
|-------------------------------------|----------------------|---|---------|-----------|--------------------|--|
| | | При достижении наработки, млн. м ³ | сутки | часов | | |
| «Ежемесячное» обслуживание | ТО _м | | 17-20 | 402-483 | 72 | 24 |
| Текущий ремонт первый (квартальный) | ТР ₁ | | 50-60 | 1207-1449 | 144 | 48 |
| Текущий ремонт второй (полугодовой) | ТР ₂ | | 101-121 | 2415-2898 | 360 | 72 |
| Текущий ремонт третий (годовой) | ТР ₃ | 1,8 | 201-252 | 4830-6037 | 960 | 192 |

Поскольку коэффициент естественного старения уменьшается с течением времени, соответственно межремонтные периоды будут сокращаться, что приведет к увеличению количества мероприятий по ТО и Р и к сокращению ремонтного цикла в последующие годы эксплуатации (рисунок 4.13).

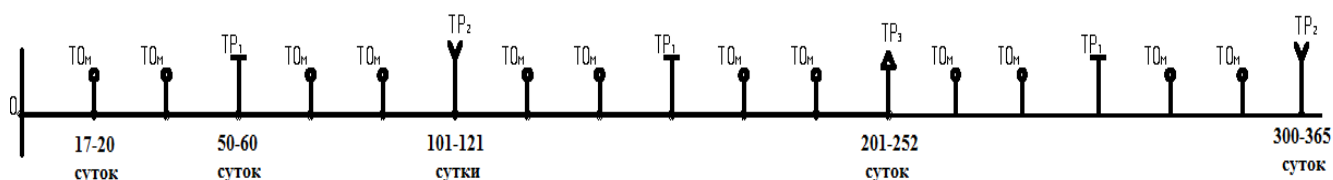


Рисунок 4.13 – Годовой график проведения мероприятий по ТО и Р карьерного экскаватора на пятом году эксплуатации в условиях АО УК «Кузбассразрезуголь»

Таким образом, для сохранения неизменным уровня надежности карьерного экскаватора в пятый год эксплуатации в годовой график ППР должны быть введены два дополнительных периодических ТО и два дополнительных текущих ремонта.

Выводы по главе 4

1. Разработана структура информационной модели прогнозирования и оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности в нормальных и фактических условиях эксплуатации.

2. Информационная модель прогнозирования и оценки наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности реализована в прикладной программе «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р».

3. Установлено, что характер зависимости наработки экскаватора ЭКГ-32Р от времени эксплуатации по результатам моделирования и обработки результатов производственных наблюдений совпадает, что подтверждает адекватность разработанной информационной модели реальным процессам.

4. Установлено, что моделирование дает завышенные результаты наработки, так как в модели не учитываются простои, связанные с организацией ведения горных работ и квалификацией машиниста. Эти результаты можно рассматривать как максимальную наработку в заданных условиях.

5. Полученные в результате моделирования результаты можно использовать для корректировки и совершенствования графиков ТО и Р карьерных экскаваторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации приведены разработанные автором теоретические и практические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной задачи выявления закономерностей изменения наработки электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Выявлены функциональные зависимости изменения величины потока отказов при эксплуатации карьерных электрических экскаваторов большой единичной мощности от совместного воздействия факторов природно-техногенного характера: индекса жесткости погоды, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий, периода эксплуатации горной машины и применяемой стратегии ТО и Р, которые носят экспоненциальный характер, а показатели функции определяются величинами соответствующих факторов.

2. Разработаны методика и алгоритм комплексной оценки технического состояния и остаточного ресурса электрического карьерного экскаватора большой единичной мощности в зависимости от погодных условий, качества подготовки забоя и горной массы, горно-геологических условий и применяемых стратегий ТО и Р для прогноза наработки карьерного экскаватора.

3. Предложено оценивать влияние погодных условий на параметр потока отказов индексом жесткости погоды, который определяется месячной среднегодовой: средней и абсолютной температурами, скоростью ветра, влажностью воздуха, солнечной радиацией, месячное среднегодовое: рассеивание температуры, количество дней с туманами, бурями и метелями.

4. Разработана и запатентована компьютерная программа, написанная на языке JavaScript и работающая в ОС Windows в диалоговом режиме, позволяющая определять влияние на наработку карьерного экскаватора как

каждого фактора в отдельности, так и оценивать совместное влияние различных факторов.

5. Результаты работы использованы при разработке эксплуатационной и ремонтной документации в ООО «ИЗ-КАРТЕКС имени П.Г. Коробкова», в частности «Руководство по эксплуатации экскаваторов ЭКГ-32Р И ЭКГ-35К»; «Регламент технического обслуживания и ремонтов экскаваторов ЭКГ-32Р И ЭКГ-35К» (Приложение В).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ работоспособности экскаваторов при системе фирменного технического обслуживания (часть 1) / Д.А. Шибанов, А.А. Емельянов, П.В. Иванова, С.Л. Иванов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XV международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады 20-21 апреля 2017 г. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2017. – С. 401-405
2. Анализ работоспособности экскаваторов при системе фирменного технического обслуживания (часть 2) / Д.А. Шибанов, А.А. Емельянов, П.В. Иванова, С.Л. Иванов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XV международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады 20-21 апреля 2017 г. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2017. – С. 405-408
3. Анализ структуры и надежности современного парка карьерных экскаваторов / П.В. Иванова, С.А. Асонов, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №7. – С. 51-57.
4. Анализ технического состояния карьерных экскаваторов / П.В. Иванова, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин и др. // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование. Материалы Международной научно-практической конференции. Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск № 60-1. – 2015. – С. 154-162
5. Андреева Л.И. Методы формирования системы технического сервиса горно-транспортного оборудования на горнодобывающем предприятии / Л.И. Андреева. – Челябинск: НТЦ-НИИОГР. – 2004. – 210 с.
6. Андреева Л.И. О техническом сервисе горного оборудования / Л.И. Андреева // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2006. – №4. – С. 127-135.
7. Анистратов К.Ю. Анализ рынка карьерных экскаваторов и самосвалов в РФ и странах СНГ / К.Ю. Анистратов // Мировая горная промышленность. – 2013. – №2 – С. 71-76.
8. Анистратов К.Ю. Оптимальный срок службы карьерных одноковшовых экскаваторов с электрическим приводом / К.Ю. Анистратов, С.А. Конопелько // Горная промышленность. – 2012. – С. 8-12.
9. Анистратов К.Ю. Разработка стратегии технического перевооружения карьеров / К.Ю. Анистратов // «Горная промышленность». – № 4. – 2012. – С. 2-8.
10. Барон Л.И. Кусковатость и методы ее измерения / Л.И. Барон. – М.: Изд-

- во АН СССР, 1982. – 122 с.
11. Беляков Ю. И. Проектирование экскаваторных работ / Ю.И. Беляков М.: Недра, 1983. – 349 с.
 12. Бойко Г.Х. Горное оборудование Уралмашзавода / Коллектив авторов. Ответственный редактор-составитель Г.Х. Бойко. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. – 240 с.
 13. Боярских Г.А. Надежность и ремонт горных машин / Г.А. Боярских. – УГГУ. – Екатеринбург, 2003. – 340 с.
 14. Боярских Г.А. Теория старения машин / Г.А. Боярских. – УГГУ. – Екатеринбург. – 2006. – 172 с.
 15. Буянкин П. В. Моделирование динамических нагрузок на опорноповоротное устройство экскаватора-мехлопаты / П. В. Буянкин, Е. К. Соколова // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Труды XV межд. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2013. – С. 38-41.
 16. Великанов В.С. Исследование связи между коэффициентом управления и квалификацией машиниста экскаватора / В.С. Великанов, С.С. Великанова // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов VII межд. науч.-техн. конф. Чтения памяти В.Р. Кубачека. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ», 2009. – С. 24-28.
 17. Великанов В.С. Определение производительности одноковшового гусеничного экскаватора с учетом профессиональных навыков машиниста / В.С. Великанов, В.В. Олизаренко // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – С. 85-91.
 18. Влияние изменения горно-геологических условий на надежность горного оборудования / В.С. Квагинидзе, А.Л. Фирсов, В.В. Акименко, Д.А. Бобровский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – №11. – С.408-411.
 19. Выбор рациональной системы организации технического обслуживания и ремонта карьерных экскаваторов для заданных горнотехнических условий / П.В. Иванова, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин, Д.А. Шибанов // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов III международной научно-практической конференции. Т. II / Под ред. В.В. Максарова – СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. – С. 94-98
 20. Гальперин В.Г. Анализ состояния парка карьерных экскаваторов / В.Г. Гальперин, Г.И. Сперанский // Цветная металлургия. – №10. – М., ЦНИИЭИц ветмет., 1990. – С. 81-84
 21. Ганин А.Р. Горное оборудование производства ИЗ-КАРТЭКС: [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://rosgorprom.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=76&Itemid=144&limi

- tstart=11 Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.12.2014).
22. Ганин А.Р. Область эффективного применения карьерных экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова»: [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.miningexpo.ru/news/27011> Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.12.2014).
 23. Ганин А.Р. Практические результаты внедрения экскаваторов новой продуктовой линейки ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» на горных предприятиях России / А.Р. Ганин, Т.В. Донченко, Д.А. Шибанов // Горная промышленность. – 2013. – №2. – С. 6-9.
 24. Ганин А.Р. Современные инженерные решения и практический опыт эксплуатации карьерных экскаваторов ЭКГ-18Р/20К производства «ИЗ-КАРТЭКС»/ А.Р. Ганин, Т.В. Донченко, Д.А. Шибанов // Горное дело. – 2014. – №1(2). – С. 40-47.
 25. Глебов А.В. Оценка эффективности применения мехлопат и гидравлических экскаваторов в условиях Кузбасса / А.В. Глебов, Л.А. Репин // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – №6. – С. 20-22.
 26. Годовой отчет ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» за 2014 год / Центр раскрытия корпоративной информации: [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=10488&type=2>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 12.03.2017).
 27. Годовой отчет ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» за 2015 год / Центр раскрытия корпоративной информации: [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=10488&type=2>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 12.03.2017).
 28. Горная+шахтная техника. Импортная техника на российском рынке. [Каталог]. М., Росбизнес, 2003, С. 62-81
 29. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Введ. 1971-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 59 с.
 30. ГОСТ 18332-2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. Введ. 2017-09-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2007. – 24 с.
 31. ГОСТ 4.377-85. Система показателей качества продукции. Экскаваторы одноковшовые. Номенклатура показателей. Введ. 1987-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 8 с.
 32. Домбровский Н.Г. Экскаваторы: общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения / Н.Г. Домбровский. – М.: Машиностроение, 1969. – 318 с.
 33. Дорошев Ю.С. Повышение технологической надежности карьерных

- экскаваторов: монография / Ю.С. Дорошев, С.В. Нестругин. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 194 с.
34. Дрыгин М.Ю. Точки измерения температуры основных узлов экскаватора типа ЭКГ / М.Ю. Дрыгин, И.Д. Богомолов // Горное оборудование и электромеханика. – №1, 2010. – С. 29-31.
 35. Иванова П.В. Алгоритм выбора рациональной системы организации ТО и Р карьерных экскаваторов для заданных условий эксплуатации / П.В. Иванова, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: 12-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т.1: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. – С. 354-357
 36. Иванова П.В. Алгоритм прогнозирования наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р в заданных условиях эксплуатации / Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME2017. Сборник тезисов. СПб: Санкт-Петербургский горный университет, 2018. – С. 79
 37. Иванова П.В. Анализ отказов механического оборудования карьерных экскаваторов / П.В. Иванова, С.Л. Иванов // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование: тезисы докладов – СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. – С. 54
 38. Иванова П.В. Климат как фактор, влияющий на работоспособность карьерных экскаваторов / П.В. Иванова, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: 13-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т.1: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – С. 267-271
 39. Иванова П.В. Оценка отказоустойчивости современных карьерных экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» / П.В. Иванова, С.Ю. Кувшинкин, Д.А. Шибанов // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Т. II / Под ред. В.В. Максарова – СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016. – С.157-159
 40. Иванова П.В. Портфолио: [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://spmi.ru/portfolio-ivanova-polina-viktorovna>. Дата обращения 15.12.2018.
 41. Иванова П.В. Реферат по истории и философии наук [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://spmi.ru/portfolio-ivanova-polina-viktorovna>. Дата обращения 15.12.2018.
 42. Иванова П.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018614385. Прогноз наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р / П.В. Иванова, С.Ю. Кувшинкин. Заявитель и

- патентообладатель: Санкт-Петербургский горный университет. – Заявка № 2018613666 от 13.04.18 Регистрация в Реестре программ для ЭВМ от 12.07.2018, Бюл. № 7.
43. Индекс жесткости погоды как интегральный показатель влияния погодных условия на работоспособность карьерных экскаваторов / П.В. Иванова, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин, Д.А. Шибанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № S38/2017. – С. 359-368
 44. Касьянов П.А. Оценка кусковатости экскавируемой горной массы / П.А. Касьянов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2012. – №3. – С.30-32.
 45. Каталог экскаваторов карьерных гидравлических [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://maxi-exkavator.ru/excapedia/technic/type/ekskavatori_karernie_gidravlicheskie. Дата обращения 18.03.2018.
 46. Квалификация персонала как инструмент в повышении эффективности эксплуатации карьерных экскаваторов / А.А. Абдрахманов, Г.Г. Сафин, И.А. Габитов и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12-2. – С. 193-198
 47. Колесников В.Ф. Применение экскаваторов большой производственной мощности на разрезах Кузбасса / В.Ф. Колесников, А.И. Корякин // Вестник КузГТУ. – 2012. – № 4. – С. 24-25.
 48. Коломийцов М.Д. Методы определения ресурса горных машин / М.Д. Коломийцов, Б.С. Маховиков // Записки Санкт-Петербургского горного института им. Г.В. Плеханова. – 1993. – Т. 138. – С. 84-94.
 49. Комплексная оценка факторов, определяющих наработку экскаваторов ЭКГ новой продуктовой линейки производства ИЗ-КАРТЭКС / Шибанов Д. А., Д.И. Шишлянников, П.В. Иванова, С.Л. Иванов // Научно-аналитический и производственный журнал «Горное оборудование и электромеханика», № 9 2015 г. – С. 3-9;
 50. Кох П.И. Климат и надежность машин / П.И. Кох. – М.: Машиностроение, 1981. – 174 с.
 51. Кох П.И. Надежность механического оборудования карьеров / П.И. Кох. – М.: Недра, 1978. – 189 с.
 52. Красников Ю.Д. Повышение надежности горных выемочных машин / Ю.Д. Красников, С.В. Солод, Х.И. Хазанов – М.: Недра, 1989. – 215 с.
 53. Красникова Т.И. Обоснование и выбор рациональных параметров эксплуатации экскаваторов циклического действия: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.06, 05.02.22 : защита 24.05.2012 / Красникова Татьяна Ивановна; – Екатеринбург, 2012. – 129 с.
 54. Кубачек В.Р. Основы надежности горных машин / В.Р. Кубачек, Л.Г. Куклин. – Свердловск: СГИ, 1982. – 78 с.
 55. Кувшинкин С.Ю. Свидетельство о государственной регистрации

- программы для ЭВМ №2018614385. Определение рациональных длин стрелы, рукояти и вместимости ковша карьерного экскаватора / С.Ю. Кувшинкин, П.В. Иванова. Заявитель и патентообладатель: Санкт-Петербургский горный университет. – Заявка №2018611580 20.02.18 Регистрация в Реестре программ для ЭВМ от 04.04.2018, Бюл. № 4.
56. Кудреватых А. В. Анализ причин аварийных простоев и поиск путей решения задачи по повышению надежности работы экскаваторного парка в ОАО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь»» / А.В. Кудреватых, А.Г. Жаворонков. – Образование, наука, инновации: Материалы I региональной научно-практической конференции, 28 апреля 2010 г. – г. Междуреченск. – С. 75-80.
57. Кузбассразрезуголь: [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.kru.ru/ru/activity/primary_production/coal-mining/ (Дата обращения: 24.10.15)
58. Кулешов А.А. Оценка ресурсных показателей базовых узлов карьерных автосамосвалов / А.А. Кулешов, И.В. Зырянов // Цветная металлургия. – 1994. – № 3. – С. 11-12.
59. Махно Д.Е. К методике оценки уровня квалификации машиниста экскаватора / Д.Е. Махно, П.Я. Зельцер // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – №12. – С. 105-107
60. Махно Д.Е. Эксплуатация и ремонт карьерных экскаваторов в условиях Севера / Д.Е. Махно. – М., Недра, 1984. – 133 с.
61. Махно Д.Е. Эксплуатация и ремонт механических лопат в условиях Севера: Справочное пособ. / Д.Е. Махно, А.И. Шадрин. – М.: Недра, 1992. – 127 с.
62. Мельников Н.Н. Технология применения и параметры карьерных гидравлических экскаваторов / Отв. ред. Н.Н. Мельников. – Апатиты: Кольский научный центр РАН. – 1992. – 210 с.
63. Методическое положение о планово-предупредительных ремонтах (ТО и ППР) горного оборудования для открытых горных работ на основе технической диагностики // Научно-технический центр угольной промышленности по открытым горным работам/ НТЦ-НИИОГР. Г. Челябинск, 2002. – 56 с.
64. Мишин В.М. Управление качеством: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / В.М. Мишин. – 2-е изд. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 463 с.
65. Морозов А.Г. Оценка жесткости климатологических факторов при эксплуатации транспортных средств в Северо-Западном федеральном округе / А.Г. Морозов, А.А. Колосов // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2014. – №3 (29). – С. 14-19
66. Морозов В.И. Главные направления развития технического обслуживания и ремонта горных машин / В.И. Морозов, В.И. Русихин // Совершенствование конструкции, технологии изготовления и

- эксплуатации горного оборудования и средств автоматизации: Междунар. межвуз. науч.-практ. конф., 19-23 окт. 1992 г. Ч. 1. – М.: Изд-во МГИ, 1992. – С. 215-220.
67. Морозов В.И. Сервисное обслуживание карьерных экскаваторов циклического действия / В.И. Морозов, Г.К. Лазарев // Мировая горная промышленность. – 1996. – С.48-52.
 68. Морозов В.И. Управление качеством эксплуатации карьерных экскаваторов / В.И. Морозов // Надежность и качество горных машин и оборудования: Междунар. межвуз. науч.-практ. конф., 21-25 окт. 1991 г. – М.: Изд-во МГИ, 1991. – С. 175-178.
 69. Надежность карьерных экскаваторов, работающих в суровых климатических условиях / Д.Е. Махно, А.И. Шадрин, А.И. Анисимов, Н.Г. Карачабан // Колыма. – 1977. – № 12. – С. 23-25.
 70. Научно-технический журнал Горная промышленность [сайт]: Шеметов П.А. Опыт эксплуатации канатных и гидравлических экскаваторов в условиях карьера Мурунтау / П.А. Шеметов, С.К. Рубцов // Горная промышленность. – 2005. – №5. URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/karertekh/1227-opyt-ekspluatatsii-kanatnykh-i-gidravlicheskih-ekskaeratorov-v-usloviyakh-karera-muruntau/>. (дата обращения 12.11.2015).
 71. Обеспечение устойчивости поворотных платформ экскаваторов-мехлопат / А.А. Хорешок, И.Д. Богомолов, П.В. Буянкин и др. // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – №9. – С. 10-14.
 72. Общая эффективность оборудования / Пер. с англ. – М.: институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 120 с.
 73. Погода и климат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=29645>. (Дата обращения: 25.03.2016).
 74. Подерни Р.Ю. Анализ современного состояния рынка карьерной техники в мире / Р.Ю. Подерни // Горная промышленность. – 2013. – №4 (110). – С 48-54.
 75. Подэрни Р.Ю. Анализ современного состояния мирового рынка поставок выемочно-погрузочного карьерного оборудования (мехлопаты и драглайны) 2 часть / Р.Ю. Подэрни // Горная Промышленность. – №6 (111). – 2013. – С. 14-19.
 76. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров / Р.Ю. Подэрни. – М.: МГГУ, 2007. – 680 с.
 77. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учебник для ВУЗов / Р.Ю. Подэрни. – 8-е изд., перераб. И доп. - М.: Издательство «Майнинг Медиа-Групп», 2013. – 594 с.
 78. РД 26.260.004-91. Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического

- состояния при эксплуатации. – Введ. 1992-01-01. – М.: НИИХиммаш, 1992. – 56 с.
79. Русихин В.И. Эксплуатация и ремонт механического оборудования карьеров. Учебник для вузов / В.И. Русихин. – М.: Недра, 1982. – 214 с.
80. Саитов В.И. Влияние грансостава забоя на количество отказов механизма напора экскаватора цикличного действия / Саитов В.И., Андреева Л.И., Красникова Т.И. // Современные проблемы науки и образования. – 2012.– №2. - Режим доступа: <http://science-education.ru/102-5859>. Дата обращения: 09.11.2017.
81. Самолазов А.В. Перспективная линейка отечественных карьерных гидравлических экскаваторов ОАО «УРАЛМАШЗАВОД» / А.В. Самолазов, Н.И. Костюкович // «Горная промышленность». – № 2. – 2015. – С. 32.
82. Самолазов А.В. Практические результаты внедрения экскаваторов ЭКГ-18Р и ЭКГ-32Р производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» на угледобывающих предприятиях России / А.В. Самолазов, Т.В. Донченко, Д.А. Шибанов // Уголь. – 2013. – №4. – С. 36-38.
83. Системы организации и стратегии технического обслуживания и ремонта карьерных экскаваторов / П.В. Иванова, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин, Д.А. Шибанов // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, г. Новосибирск, 2015. – С. 46-48
84. Стратегия развития и новая линейка карьерных экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» (группа омз) [Электронный ресурс]: – URL: <https://mining-media.ru/ru/article/company/7932-zavod-sibelektroprivod-sdelannoe-nepredel-2>, дата обращения 13.05.2018
85. Тарификация влияющих факторов на работу современных карьерных экскаваторов по себестоимости экскавации горной массы / Д. А. Шибанов, Д.И. Шишлянников, П.В. Иванова, С.Л. Иванов // Открытые горные работы в XXI веке-2. Горный информационно-аналитический бюллетень. № S1-2. – 2015. – С. 24-33.
86. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990-2011 гг. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – 408 с.
87. Технический сервис горного оборудования // Горное дело. – 2014. – №1(2) – С. 50-53.
88. Умут Уркун. Обеспечение производительности в условиях холодного климата / Умут Уркун // Горная промышленность. – 2014. – №6 (118). – С. 62-64.
89. Управление качеством использования одноковшовых карьерных экскаваторов / В.И. Морозов [и др.] // Совершенствование конструкции, технологии изготовления и эксплуатации горного оборудования и средств автоматизации: Междунар. межвуз. науч.-практ. конф., 19-23

- окт. 1992 г. Ч. 1. – М.: Изд-во МГИ, 1992. – С. 226-229.
90. Фокин А.С. Совершенствование системы технического обслуживания горных машин / А.С. Фокин, А.Ю. Маркова, С.Л. Иванов // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 10-й международной научно-практической конференции 11-13 апреля 2012 г. / Воркутинский горный институт (филиал) ФГБ ОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» – Воркута, 2012. – С. 407-410.
 91. Хажиев В.А. Оценка влияния эксплуатационных факторов на эффективность использования экскаваторов-мехлопат на угольных разрезах / В.А. Хажиев // Горное оборудование и электромеханика: научно-аналитический и производственный журнал, №6, 2009. – С. 21-26.
 92. Чооду О.А. Влияние климатических факторов на эксплуатационные показатели дорожно-строительных машин / О.А. Чооду, Э.С. Монгуш // Вестник Технические и физико-математические науки. – 2013. – №3. – С. 107-116.
 93. Чуксин А.И. Повышение надежности и безопасности машинного оборудования проведением его точного технического обслуживания (Mechanical Precision Maintenance) / А.И. Чуксин, С.Л. Иванов // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Т. II / Под ред. В.В. Максарова – СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. – С. 172-175
 94. Шадрин А.И. Оценка живучести элементов металлоконструкций карьерных экскаваторов в условиях холодного климата / А.И. Шадрин, В.А. Храмовских // Горные машины и автоматика. – 2003. – №10. – С. 34-38.
 95. Шибанов Д.А. Влияние факторов эксплуатации карьерных экскаваторов на их техническое состояние / Д.А. Шибанов, С.Л. Иванов, И.Е. Звонарев // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник научных трудов 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т. 1 / под общ. ред. А.Б. Копылов, И.А. Басалай. – Минск: БНТУ, 2013. - С. 430-433.
 96. Шибанов Д.А. Комплексная оценка факторов, определяющих наработку экскаваторов ЭКГ 18Р/20К, для планирования технического обслуживания и ремонтов: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.06: защита 24.06.2015 / Шибанов Даниил Александрович; – Санкт-Петербург, 2015. – 203 с.
 97. Шибанов Д.А. Оценка эффективности эксплуатации карьерных экскаваторов / Д.А. Шибанов, С.Л. Иванов, П.В. Иванова // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 декабря 2014 г.: в 12 частях. Часть 3. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком»,

2015. – С. 158-160.
98. Шибанов Д.А. Перспективы совершенствования системы технического обслуживания и ремонта карьерных экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» / Д.А. Шибанов // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело – 2013. – № 8. – С 128-135.
 99. Экскаватор карьерный гусеничный ЭКГ-32Р. Руководство по эксплуатации. 3549.00.00.000 РЭ. Том 1 / В.М. Донской, В.А. Шипилин, Д.А. Шибанов, Д.А. Мельников. – Колпино: ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова», 2013. – 113 с.
 100. Экскаватор карьерный гусеничный ЭКГ-32Р. Руководство по эксплуатации. 3549.00.00.000 РЭ. Том 2 / В.М. Донской, В.А. Шипилин, Д.А. Шибанов, Д.А. Мельников. – Колпино: ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова», 2013. – 107 с.
 101. Bernold L.E. Equipment operator training in the age of internet2 / L.E. Bernold, M. Vouk [Электронный ресурс]: URL: <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build02/PDF/b02059.pdf>. (дата обращения 08.02.2015).
 102. Chalifoux A. Reliability centered maintenance (RCM) guide: Operating a more effective maintenance program / A. Chalifoux, J. Baird // US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratories, CERL Technical Report 99/41. 1999. – 99 pp.
 103. Gleason W. Mining at the lowest cost per ton: Innovations for large shovels / W. Gleason // Mining engineering, December 2013. – P. 2-3.
 104. Paterson L.B., Özdoğan M. Performance of the Bigger, Faster and Smarter New Generation Electric Mining Shovels / L.B. Paterson, M. Özdoğan. // 17 international Mining Congress and Exhibition of Turkey – December 2012. – P. 237-242.
 105. The world's biggest mining excavators [Electronic resource]. – URL: <http://www.mining-technology.com/features/featurethe-worlds-biggest-mining-excavators-4153289>. – date of access: 17.01.2014.
 106. Venkatesh J. An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM) [Electronic resource]. – URL: http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.pdf. date of access: 11.10.2017.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Промышленная эксплуатация карьерного экскаватора ЭКГ-32Р №1, эксплуатируемый АО УК «Кузбассразрезуголь»

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|-------------------|------------------------------|-----------------|--|
| Октябрь 2011г. | 573470 | 4432 | Замена рычага; переключение; замена серьги планки засова; трещина на левой петле; восстановление петель с наложением усилителей по тех. решению конструкторов; перегон; то; изготовление и замена рычага; БВР; замена каната МОДК; замена мягкого сцепления; туман; отсутствует канат на МОДК |
| Ноябрь 2011г. | 530700 | 3640 | Ремонт рычаг ОДК; ТО-2; отказ при запуске; неисправность ЦУ; переключение; перегон в другой забой; ППР-замена подъемных канатов (наработка 1200тыс.м ³); отказ привода подъема; регулировка конечного выкл.; отказ привода поворота; установка зуба ковша; замена болта крепления цепи ОДК |
| Декабрь 2011г. | 702490 | 9120 | Установка зуба; замена тяги; наплавка пяты, засова; ТО-механика; замена зубьев; отказ 380в; ТО-наладка привода; переключение; ППР; БВР, перегон; Замена кольца цепи МОДК; Отказ напора; излом петли днища ковша; Сварочные работы по усилению петель нового днища ковша; Замена днища ковша; Замена зуба; переключение |
| Январь 2012г. | 696300 | 1086 | Ремонт баластных сопротивлений; перегон; замена кольца МОДК, замена болтов стопорного фланца оси подвески стрелы; замена подъемного каната; ТО механика |
| Февраль 2012г. | 500680 | 7932 | Неисправность хода; ТО мех; отсутствие а/тр-та; переключение; замена зуба; БВР, переключение; ТО (Натяжение гусеничных лент, ремонт днища ковша); ремонт бортового р-ра; ремонт дв-ля подъема (передний) |
| Март 2012г. | 620300 | 3420 | Перегон; переключение; Ремонт правой петли днища; излом стакана крепления днища ковша; ремонт тормоза днища ковша, ремонт рамы кабельного барабана, регламентные работы; БВР; отсутствие эл/энергии; неисправность привода напора; ТО мех; замена подъемных канатов |
| Апрель 2012г. | 623600 | 5081 | Сбой в программе при работе джойстиков; ТО механика; отказ приводов; отсутствие эл/энергии; отсутствие а/тр-та; переключение; Замена АРГУС, автомата 380 в; неисправность переднего подъемного дв-ля; ТО; ремонт заднего ролика седлового п-ка; отказ системы смазки |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|--------------------|------------------------------|-----------------|---|
| Май 2012г. | 734500 | 4004 | Ремонтные работы на седловом подш-ке; замена масла в р-рах; сварочные работы на ковше; перегон; отказ подъема; взорвался тиристор-2шт, вышел из строя драйвер; отсутствие автотранспорта; отказ приводов; перегон; ремонт ВВ кабеля; замена подъемных канатов; ремонт левого отбойного ролика подъем каната |
| Июнь 2012г. | 765000 | 4766 | Ремонт планки засова; ремонт балластных сопротивлений; БВР; перегон; установка зуба; натяжка гусеничных лент; ТО; отказ напора; отказ активного выпрямителя; ремонт поддерживающего ролика подъема |
| Июль 2012г. | 784100 | 2053 | Ремонт рычага МОДК; переключение; перегон, повышенная запыленность; БВР, переключение; ТО мех (замена подъемных канатов); отсутствие хода, замена шпильки крепл. кулака вед. колеса; отказ поворота; излом фитинга; замена натяжного ролика ремня компрессора; трещина со стороны засова |
| Август 2012г. | 535070 | 12887 | Замена дв-ля обдува подъемного дв-ля; перегон; установка зуба ковша; сварка на площадке головных блоков; БВР; демонтаж опорного ролика на седловом подш-ке; отказ поворота, замена планки засова; поломка лев р-ра хода; ремонт роликового круга; ТО мех |
| Сентябрь 2012г. | 524500 | 16725 | ТО (замена вкладышей седлового подш-ка; ремонт кабельного барабана; демонтаж гусеничного звена; сборка р-ров хода; замена серьги ОДК); замена зуба ковша; строит-во ЛЭП; перегон |
| Октябрь 2012г. | 781800 | 3205 | Наплавка засова; неисправность компрессора; отсутствие напряжения; отказ напора-замена платы делит напряжения; БВР; перегон; ТО мех; излом планки засова; установка лев отбойн. ролик подъемн. каната |
| Ноябрь 2012г. | 727500 | 4740 | Отказ хода; замена подъёмных канатов, замена планки засова; перепасовка подъемного каната; ремонт упряжи ковша; отказ поворота; отказ напора; сбой программы; ремонт крепления ред-ра напора, протяжка правого ред-ра хода; замена в/в кабеля, простой из-за климат. условий; замена планки засова |
| Декабрь 2012г. | 727700 | 5184 | Излом тяги фиксации натяжки приводного ремня привода напора; отказ поворота; замена планки засова, ремонт компрессора (замена прокладки); отказ приводов; износ в/в кабеля; замена болта рычага засова, излом прав передней втулки ковша; ТО мех (замена подъемного каната, зубьев ковша, компрессора); отсутствие э/энергии; БВР; отсутствие автотранспорта; перегон |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|-------------------|------------------------------|-----------------|---|
| Январь 2013г. | 745200 | 2892 | 01.01.2013 – выходной; отказ цепей управления; отсутствие а/транспорта; ТО мех (демонтаж гусеничного звена, подключение КТП кабельного барабана); отказ хода; ТОмех - замена правого двигателя напора, ремонт кузовного вентилятора, ремонт ограждений; отсутствие напряжения, перегон; БВР; переключение |
| Февраль 2013г. | 602700 | 9540 | Ремонт площадки головных блоков; излом подшипника тихоходного вала редуктора подъема (левая сторона); замена подъёмного каната; излом планки засова; БВР |
| Март 2013г. | 737900 | 3375 | Отказ запуска(блок контакты), замена рычага засова; отсутствие напряжения; отказ ВВ; замена рычага засова; замена подъемного каната |
| Апрель 2013г. | 563200 | 12420 | Демонтаж ДП; отказ ЦУ; замена изолятора ЛЭП; ремонт вертлюга; перегон; БВР; переключение |
| Май 2013г. | 756800 | 4035 | Отказ запуска ВВ; перегон; БВР; замена рычага засова; отказ подъема; отказ запуска; ТО мех, замена, серьги ОДК; гроза; установка пальца крепления гусеничного звена; ремонт опорного колеса; ремонт крыши кузова |
| Июнь 2013г. | 752500 | 2160 | ТО (замена опорного колеса); переключение; БВР; перегон, отсутствие а/тр-та |
| Июль 2013г. | 743700 | 3870 | Переключение; БВР; ТО мех; отсутствие а/тр-та, отсутствие напряжения; замена в/в кабеля; гроза; пробой в/в кабеля; установка прав оси соед. ковша с задней стенкой |
| Август 2013г. | 414200 | 24831 | излом передней левой проушины ковша; туман; ППР Т ₃ (замена седлового подш-ка, днище ковша, сварка проушины ковша, рукояти); БВР; нагрев подшипника 10979/630 тихоходн р-ра подъема |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|--------------------|------------------------------|-----------------|---|
| Сентябрь 2013г. | 484200 | 18474 | ППР Т ₃ ; отказ подъема; замена вентилятора обдува переднего дв-ля подъема; излом п/муфты КТП каб барабана; туман; перегон; БВР; замена автомата питания компьютера, ремонт контактора вентилятора обдува переднего дв-ля подъема |
| Октябрь 2013г. | 821800 | 3798 | отказ при запуске; излом прав выходного вала р-ра напора; ТО мех; БВР; перегон; отсутствие а/тр-та; запыленность забоя; замена рычага засова; замена подъемных канатов; установка зуба на ковше |
| Ноябрь 2013г. | 798100 | 4932 | замена рычага засова; смазка подш-ка прав дв-ля напора; замена амортизатора ДОДК; ТО |
| Декабрь 2013г. | 791500 | 2700 | ТОмех; замена в/в кабеля; установка зуба; замена рычага засова; перезагрузка компьютера; замена п/цилиндра тормоза поворота; отказ привода подъема, ремонт п/распределителя подъема лестницы; замена каната МОДК; отсутствие напряжения |
| Январь 2014г. | 792200 | 2910 | 01.01.2014 - выходной Перегон; ремонт в/в кабеля; замена подъемных канатов; БВР; ремонт входной лестницы; ТО мех замена РВД смазки мех-ма напора; излом рычага засова; излом ролика роликового круга; осмотр проушин ковша |
| Февраль 2014г. | 768100 | 3633 | Перегон; отсутствие эл/энергии; наплавка засова, пяты; БВР; замена рычага засова замена подъемного каната; отказ запуска; износ тяги мех-ма ОДК; излом п/муфты кабельн. барабана; ремонт джойстика подъем-поворот; установка зуба; замена рычага засова; ТО мех |
| Март 2014г. | 797200 | 7132 | демонтаж левой площадки головных блоков; замена рычага засова; ремонт левой площадки головных блоков; отказ запуска; ремонт секции кузова и поддерживающего ролика; замена РВД мазки седлового подш-ка; ремонт секции кузова; излом лев проушины ковша; ТО мех; БВР; перетяжка ЛЭП; ремонт проушины на ковше |
| Апрель 2014г. | 770500 | 6194 | заклинило планетарный передний р-р подъема; ремонт р-ра подъема; замена планки засова; замена рычага засова; замена изолятора в КТП кабельного барабана; замена кабельной перемычки от ЯВВ-250 до в/в токоприемника; излом вал-шестерни в левом ходовом р-ре; ТО мех; ремонт в/в КТП кабельн. барабана; отказ ЦСС, ремонт рычага засова; замена планетарной части р-ра; перегон; замена подъемных канатов; замена в/шестерни z-14, ведущей шестерни и эл/дв-ля хода АДРЭ-400; БВР |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|--------------------|------------------------------|-----------------|--|
| Май 2014г. | 729000 | 8985 | замена рычага засова; замена 2-х кулаков на ведущем колее; поломка р-ра подъема; ремонт р-ра подъема; ремонт р-ра подъема, излом выходного вала прав р-ра напора; ремонт р-ра напора; замена рычага засова; ТО мех; замена РВД ЦСС; крепление ред-ра хода; перегон, наплавка пяты, засова; БВР; излом подшипника на лев т/х валу; наплавка засова ковша; перегон; БВР |
| Июнь 2014г. | Данные утеряны | | |
| Июль 2014г. | Данные утеряны | | |
| Август 2014г. | Данные утеряны | | |
| Сентябрь 2014г. | Данные утеряны | | |
| Октябрь 2014г. | 534400 | 5973 | ревизия в/в КТП; замена рычага засова, ремонт днища ковша; ремонт ОДК; замена контактора вентиляторов гл.приводов, отказ запуска гл.прив., наплавка засова; ремонт кожуха кремальерной шестерни; отказ напора; установка упоров на балку, замена РВД смазки; ремонт ОДК; ремонт рычага засова; замена п.каната; ремонт л.р-ра хода; ТОм; БВР; туман; отст.а/м; перегон; наплавка засова; переключение; замена ламп освещения, отс.а/м; замена ВВ кабеля |
| Ноябрь 2014г. | 596000 | 8848 | установка ремня привода напора, ревизия АЦСС; демонтаж пр. р-ра хода; монтаж пр.р-ра хода; замена рычага засова; излом вых.вала правый ред.напора; демонтаж, ремонт редуктора напора; монтаж редуктора напора; замена манжеты 110*135 прав.ред.напора, отказ правого редуктора хода; ТОм; ремонт правого тормоза хода, замена рычага засова; излом фланца от трубы В/В токоприемн.каб.бар.; переключение; отс.а/м, сварка трубы водоотлива; туман; замена зуба ковша; ВР; замена каната МОДК; перегон; клим.условия-гололед; БВР; наплавка засова ковша; замена зуба ковша |
| Декабрь 2014г. | 609500 | 3630 | установка пальца ковша; ревизия ЦСС; ремонт АЦСС; ремонт МОДК; ТОм; замена эл.пневмовентиля подъема; замена рычага засова; замена колодок тормоза подъема и эл.пневмовентиля; замена колодок тормоза подъема; замена болта на планке засова; ремонт лестницы; ВР, отс.напряж.; перегон; отс.а/м; ВР; замена п.канатов; отс.а/м; замена каната ОДК |
| Январь 2015г. | 615300 | 4818 | 01.01.2015 – выходной; замена рычага засова; замена пальца на рычаге ОДК; замена трака; ТОм; ремонт компрессора ПК-1,75; ремонт компрессора ПК-1,75; отказ автомата 220в; отказ-380в (перемычка в в/в КТП); отс.а/м; наплавка засова; переключение; БВР;перегон; отс.а/м |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|-------------------|------------------------------|-----------------|--|
| Февраль 2015г. | 603700 | 8371 | замена подъемных канатов; излом проушины ковша ТОм; правый подш.№10979/630 тихоходного вала р-ра подъема; замена рычага засова; отказ подъема; отказ подъема (датчик скорости); регулировка датчика скорости привода подъема; наладка цепей упр, ремонт концевого напора; ремонт МОДК; наплавка пяты; БВР; отс.а/м |
| Март 2015г. | 495600 | 10584 | Сварочный ремонт спиц правого головного блока; наладка привода хода; не вкл.вакуумный выкл. рем.н/в КТП; механический стук в левом редукторе напора; демонтаж и ремонт левого редуктора напора(излом подшипника 6244 в первом водиле); ТОм; Окончание монтажа правого р-ра напора; замена подъемных канатов; ремонт концевого напора КАН; ремонт рычага ОДК; излом пр. головного блока; перегон; БВР, замена правого подъемного каната; замена рычага засова; отсутствие электроэнергии; укладка труб; пробой в/в кабеля; переключение |
| Апрель 2015г. | 560700 | 11193 | ТОм; демонтаж правого головного блока; отказ электропривода хода; ремонт автомата цепей; управления 220В; ремонт компрессора; излом подшипника 1097780К1М левого гол. блока; демонтаж левого гол.блока; монтаж гол.блока; излом направляющей засова на днище ковша; сварочные работы направляющей засова на днище ковша; ремонт МОДК; переключение; БВР; переключение; наплавка засова ковша; перегон; отс.а/м; туман |
| Май 2015г. | 15200 | 43320 | ППР |
| Июнь 2015г. | 499900 | 5646 | замена конденсатора в ШУ; замена контактора; вентиляторов ШГП; замена траков 2шт; установка пальца гус.ленты; ремонт ОДК; ТОм; отказ поворота (замена конденсатора,блока предохранителей); ремонт ОДК; ТОм; ремонт редуктора напора(правый); отказ поворота (конденсатор, предохранители, блок управления поворота); наладка поворота; перегон в забой; отс.а/м; перегон; отс.а/м; ВР; зам.п.канатов; планировка подъезда; сварка лестницы; планир.площадки; гроза; замена планки засова; перегон |
| Июль 2015г. | 675400 | 4626 | замена планки засова; отказ заднего планетарного ред-ра подъема; ТОм; установка пальца гусеничного трака; зам. вент-ра обдува ДП; отказ 380в; зам.п.канатов; зам.рычага засова; переключение; перегон; гроза; замена каната ОДК; БВР; отс.а/м; переключение; туман; перегон; замена каната ОДК |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|--------------------|------------------------------|-----------------|--|
| Август 2015г. | 728700 | 5052 | ТОм; ремонт МОДК, выход из строя переднего двигат.подъема АДРЭ-С-850; сварка втулок подъемн.канатов; отказ запуска активн.выпрям.; излом рычага засова; отказ запуска; протяжка шпильки бугеля седл. подшипн.; замена планки засова; протяжка болтов крепления правого напорного редуктора; ТОм; протяжка болтов крепления правого напорного редуктора; замена подъемных канатов; ремонт компрессора ПК-1,75; перегон; БВР; гроза |
| Сентябрь 2015г. | 596900 | 8346 | ТОм; ремонт тяги ОДК; замена рычага засова; стук в тихоходном редукторе подъема при осмотре дефекта не выявлено; сварочный ремонт рычага МОДК; отказ АРГУС-380в; излом кронштейна отбойного ролика на подъемном; канате с правой стороны; рем. МОДК; зам.двиг.обдува двигателя подъема; зам.рычага засова; ремонт р-ра напора; ТОм; изготовление и установка рычага ОДК; наплавка засова ковша; откл.эл.эн; отс.а/м; БВР; переключение; отсутствие напряжения; туман; перегон на ВР; ВР |
| Октябрь 2015г. | 471600 | 14916 | ремонт рычага ОДК; ремонт скобы на рычаге ОДК; протяжка крепления редуктора напора; крепление ход. ред-ра; излом подш.в левом гол. блоке; ТОм; замена головных блоков; зам.дв-ля компрессора; зам.дв-ля компрессора; правого дв-ля напора; ремонт блока преобразователя МОДК; зам.рычага засова; перегон; переключение; отс.а/м; ВР; отс.а/м; переключение; туман |
| Ноябрь 2015г. | 499100 | 12924 | рем. перемычки кабельного в/в токоприемника; хруст в правом напорном ред-ре; рем. ред-ра напора; рем. ред-ра напора; ремонт концевого напора; установка пальца на траке; замена манжеты 110*135 в редукторе напора(правый); рем.лестницы; отказ поворота; установка пальца на траке; рем.переднего планетарного ред-ра подъема; демонтаж и разборка планетарного редуктора подъема; монтаж планетарного редуктора подъема, отказ электропривода подъема; наладка электропривода подъема; ремонт МОДК; ремонт тормозов подъемного механизма; ВР; гололед; замена в/в кабеля; замена в/в кабеля; отс.а/м; перегон; отс.а/м; переключение; отс.а/м; |
| Декабрь 2015г. | 625300 | 3600 | замена рычага засова; регулировка тормоза напора; ТОм; доставка и замена РВД смазки седл.подш; зам.рычага засова; ремонт рычага засова; установка тупика на рукаять; сварка платика крепления заднего планетарного редуктора подъема; замена электродвигателя ПК-1,75; ВР; откл. напряжения; отс.а/м; туман; наплавка засова ковша; туман; гололед; перегон; перегон в другой забой; переключение; отс.а/м; планировка подъезда; буран; переключение, отс.напр.; гололед; климат.условия; замена п.канатов; наплавка засова ковша |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|-------------------|------------------------------|-----------------|--|
| Январь 2016г. | 612500 | 5976 | 01.01.2016 – выходной; рем.тяги ОДК; наладка напора; ТОм; зам. дв-ля компрессора; отказ электропривода хода; отказ поворота; демонтаж ролика с роликового круга; зам.рычага ОДК; рем.днища ковша; рем.хомута ОДК; наладка напора; отказ вент-ов приводов; ремонт привода напора; отказ запуска активного выпрямителя; зам.вент.дв.напора; отказ ЦУ; переключение; перегон |
| Февраль 2016г. | 610700 | 4428 | ТОм; ремонт скобы МОДК; замена рачага засова; замена РВД на смазку седлового подш.; ремонт тяги ОДК; замена двиг.вентил.обдув подъемного электродвиг.; ремонт пневмоцил.тормоза подъема; ремонт концевого выкл.напора; св.рем.днища ковша; отказ запуска; сварочный ремонт рычага ОДК; отс.электроэнергии; зам.п.канатов (пл-1053; ф-782-китай); 120-перегон; ВР; наплавка засова; перегон |
| Март 2016г. | 710400 | 3318 | ремонт компрессора; ТОм; отказ ц/у; замена рычага засова; зам. РВД смазки седлового; крепление площадки головных блоков; наладка промышл.компьютера; рем.в/в кабеля; перегон; ремонт входной лестницы; ВР; наплавка засова; разрыв пряди в подъемном канате (пр-ва Китай); откл.эл.эн; отс.а/м; доставка и замена В/В кабеля; перегон |
| Апрель 2016г. | 673200 | 6288 | ТОм; сварка петли днища ковша с правой стороны; замена рычага засова; отказ запуска; свар.рем.упора рычага засова; крепление р-ра подъема; рем.тяги ОДК; 120-зам.рычага засова; излом выходного вала р-ра напора; рем.р-ра напора; отс.а/м; ВР; откл.эл.эн; перегон; переключение; туман |
| Май 2016г. | 526100 | 14400 | рем.кожуха кремальерной шестерни; доставка и зам.звена гусеничного; зам.трака; ТОм; зам.рычага засова; отказ пневмораспред.торм.напора, отказ ПК-1,75; излом корпуса седлового подшипника; замена седлового подшипника; монтаж седлового подшипника; регулировка концевого выкл.прив.напора; регулировка зазоров в седловом подшипнике, перезагрузка компьютера; замена автомата нар.освещения; отказ включения цепей управления; ТОм; зам.приводного ремня напора; установка пальца гус.звена; ремонт концевого напора; отс.а/м; ВР; зам.п.канатов (пл-1053; ф-1053); зам.в/в кабеля; перегон; отсутствие напряжения |
| Июнь 2016г. | 602900 | 7548 | ТОм; отказ левого р-ра хода; ремонт левого р-ра хода; отказ напора; зам.трака; св.рем ОДК; отказ подъема; излом верхних болтов крепления правого редуктора; ходового механизма; зам.гусен.ленты; откл. эл.эн; ВР; перегон; откл.эл.эн |
| Июль 2016г. | 135100 | 31890 | зам. п.канатов (пл.1053; ф-1054); зам.рычага засова; рем.перед.план.р-ра подъема; зам.гусеничной цепи; ремонт пл.р-ра подъема; монтаж пл.р-ра подъема; излом рычага засова; ВР; перегон; гроза; перегон на КР-1; КР-1 |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|--------------------|------------------------------|-----------------|--|
| Август 2016г. | 569600 | 10104 | КР-1; окончание ремонта; отказ подъема; ревизия кузовного вентилятора; рем.шкива лев.р-ра напора; отказ компрессора; ремонт компрессора; наладка электропривода напорного механизма; отс.а/м; ВР; перегон; 90-туман |
| Сентябрь 2016г. | 717000 | 5700 | замена рычага засова; крепление концевой втулки п. каната; ТОм; зам.п.канатов (пл.1053; ф.677); отказ запуска; отказ запуска; отказ хода; излом с левой стороны подшипника тих-го ред-ра подъема; демонтаж тихоходного редуктора подъема; рем.тих-го р-ра подъема; смазка подшипников вент-ра обдува ДП зам.рычага засова; перегон; наплавка засова; гроза; туман; откл.эл.эн; ВР |
| Октябрь 2016г. | 771400 | 3925 | отказ ц/у; рем.в/в токопр-ка каб.барабана; св.рем.ковша; рем.н/в токоприемника; ТОм; переключение; ВР; перегон; зам.п.канатов; откл.эл.эн.; рем.в/в кабеля; отс.а/м; туман |
| Ноябрь 2016г. | 591600 | 10658 | ТОм; св.рем.втулки ковша; рем.концевого напора; рем.в/в КТП кабельного барабана; св.рем.рычага ОДК; отказ напора; рем.тормоза подъема; зам.рычага засова; рем.тормоза напора; крепление р-ра напора; крепление ред-ра напора; отопрев пневмосистемы; отказ подогрева р-ра поворота; св.рем. МОДК; ремонт днища ковша; отказ поворота; откл.эл.эн.; ВР; рем.в/в кабеля; перегон; отс.а/м; ВР; перегон; наплавка засова; переключение |
| Декабрь 2016г. | 447000 | 21390 | КР-1 |
| Январь 2017г. | 717000 | 4844 | 01.01.2017 – выходной; ТОм; св.рем. ковша; рем.площадки головных блоков; рем. тих-го ред-ра подъема; переключение; ВР; перегон; отс.а/м; откл.эл.эн; зам.в/в кабеля; снег; туман |
| Февраль 2017г. | 517100 | 14370 | излом вала пр.ред-ра напора; рем ред-ра напора; регул.седл.подш.; заклинил перед.планет.ред-ор подъема; рем.план.ред-ра подъема; ТОм; зам.контактора хода; замыкание компрессора; замена п.канатов; излом вала лев. р-ра напора; уст.цепочки концевой; напора; зам.каната ОДК; отказ поворота; переключение; отключение электроэнергии; зам.изолятора ЯКУ №58 |
| Март 2017г. | 725600 | 8170 | отказ поворота; св.ремонт ковша; рем.крепления приводного шкива; рем.крепления приводного шкива; протяжка крепления крышки подъемного ред-ра; отказ запуска; ТОм; св.рем.днища ковша; крепл.кожуха кремальерки; рем. концевой напора; зам.рычага засова; излом кулака вед.колеса; отказ ц/у; зам.конденс. актив. выпр; зам. двигателя обдува двигателя подъема; переключение; ВР; доставка и замена в/в кабеля; перегон; переключение; зам.в/в кабеля; отключение электроэнергии |

| Дата | Объем г/м, м ³ | Простои, мин | Причины |
|------------------|------------------------------|-----------------|---|
| Апрель 2017г. | 709300 | 3300 | отказ компьютера; рем.концевого напора; рем. седлового подш.; зам. цепочки концевого напора; зам.амортизаторов ОДК; св.рем.проушины ковша; нал.ток.защиты; отказ запуска; зам.компрессора; отказ-220в; ремонт МОДК; отказ хода; ТОм; откл.эл.эн.; ВР; туман; замена подъемных канатов (пл-1053, ф-1263); перегон; отс.а/м |
| Май 2017г. | 581300 | 15126 | ТОм; рем.конц.напора; зам.рычага засова; рем.седл.подш.; рем.ТСН; зам.дв-ля обдува ДВ; отказ ц/у; рем.седл.подш.; рем.МОДК; излом выходного вала ред.напора; рем.ред-ра напора; зам.пускателя поворота; протяжка крепления седл.подш.; БВР |
| Июнь 2017г. | 452300 | 15840 | ТОм; рем. ред-ра.напора; рем.МОДК; отказ электропривода напора; откл.эл.эн.; переключение; перегон; ВР |
| Июль 2017г. | 872900 | 1302 | отказ АРГУС -380В; ремонт тормоза напора; ремонт МОДК; перегрев дв-ля подъема; протяжка крепления ред-ра напора; ТОм; ВР; гроза, туман; наплавка засова; замена подъемных канатов (пл-1064; ф-1080) |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Выдержки из регламента технического обслуживания и ремонта карьерного экскаватора ЭКГ-32Р производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова»

1. Приведенные ниже рекомендации по продолжительности и трудоемкости ТО и Р являются основой при разработке графиков ППР для номинальных условий эксплуатации.

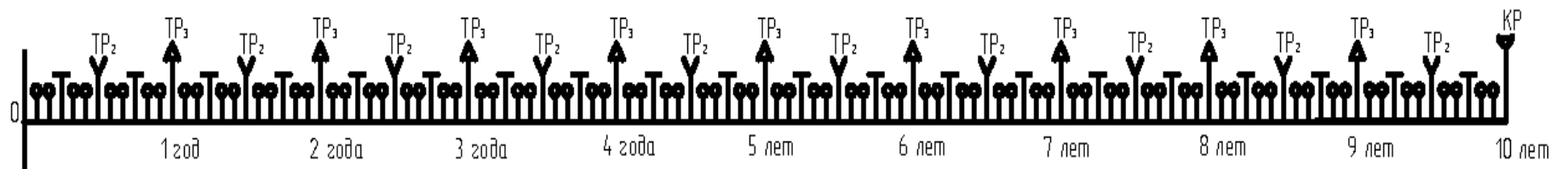
2. Допускается корректировка продолжительности и трудоемкости ТО и Р в зависимости от фактического технического состояния карьерного экскаватора.

3. Структура ремонтного цикла карьерного экскаватора для номинальных условий эксплуатации представлена на рисунке 1 и в таблице 1.

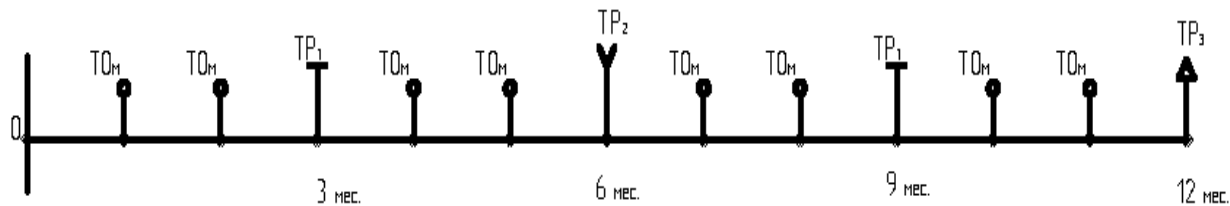
Таблица 1 – Структура ремонтного цикла

| Вид техобслуживания, ремонта | Условное обозначение | Периодичность | | | Трудоемкость, чел-ч | Время нахождения машины в обслуживании и ремонтах, ч |
|--|----------------------|---|---------|-------------|---------------------|--|
| | | При достижении наработки, млн. м ³ | месяцев | часов | | |
| Ежесменное обслуживание | ТО _{см} ** | | | | 1 | 0,5÷1 |
| Ежемесячное обслуживание | ТО _м | | 1 | 500÷600 | 72 | 24 |
| Сезонное обслуживание | ТО _с | | 6 | 3000÷3600 | 72 | 24 |
| Текущий ремонт первый (квартальный) | ТР ₁ | | 3 | 1500÷1800 | 144 | 48 |
| Текущий ремонт второй (полугодовой) | ТР ₂ | | 6 | 3000÷3600 | 360 | 72 |
| Текущий ремонт третий (годовой) | ТР ₃ | 1,8 | 12 | 6000÷7500 | 960 | 192 |
| Капитальный ремонт | К | 18 | 120 | 60000÷75000 | 9000 | 1800 |
| Капитальный ремонт электрической части | К _{ЭЛ} | 9 | 60 | 30000-36000 | 1200 | 240 |

**ТО_{см}, как правило, совмещается с временем приема-сдачи смены, либо с вынужденными кратковременными простоями в течение смены.



Годовой график ППР



Условные обозначения :

- ⊙ ежемесячное техобслуживание , ТО_М
- Т текущий ремонт первый , ТР1 (квартальный)
- ∩ текущий ремонт второй (полугодовой) , ТР2
- ▲ текущий ремонт третий (годовой) , ТР3
- ∩ капитальный ремонт , К

Сезонное техобслуживание ТО_С в графиках не представлено, т.к. проводится одновременно с ТО_М, ТР1, ТР2 или ТР3 .

Рисунок 1 – Типовая структура ремонтного цикла экскаваторов ЭКГ-12К, ЭКГ-18Р, ЭКГ-32Р, рекомендованная заводом изготовителем для номинальных условий эксплуатации

Ежесменное ТО осуществляется экипажем при приёме и передаче смены, а также в течение смены (во время технологических перерывов или организационных простоев). При этом после осмотра экскаватора, перед началом работы, машинист обязан опробовать все механизмы на холостом ходу, проверяя при этом исправность действия концевых выключателей, тормозов и сигнальных устройств механизмов, электрооборудования, электроаппаратуры. После проверки машинист расписывается в журнале приема-сдачи смены. Во время работы экскаватора машинисту рекомендуется обращать внимание на необычные шумы в двигателях, потерю мощности или отсутствие реакции на воздействие органов управления, на необычные звуки и перегрев подшипников в оборудовании подъёма, напора поворота и хода. Ежесменное техническое обслуживание проводится до начала работы. Мелкие неисправности, поддающиеся немедленному исправлению, устраняются до начала работы. При отсутствии возможности устранения неисправностей своими силами машинист, не приступая к работе, делает соответствующую запись в журнале приема-сдачи смены и докладывает об этом техническому надзору смены.

Месячное техническое обслуживание (ТО_м) осуществляется экипажем и силами сервисной службы с приданными им средствами механизации. Работы по электрической части выполняются электротехническим персоналом службы предприятия. Во время проведения ТО_м составляется перечень ремонтных работ на ближайшие текущие ремонты ТР₁, ТР₂ или ТР₃ с целью своевременной подготовки материалов, запчастей, средств механизации, определения состава ремонтной бригады. Если же в ходе ТО_м выявляются дефекты, недопустимые для дальнейшей эксплуатации, например, трещины в несущих металлоконструкциях, излом (даже частичный) зубчатых колес, неудовлетворительное функционирование электрических блокировок, трещины и сколы на изоляторах должен быть выполнен ремонт с заменой, в необходимых случаях, вышедших из строя деталей.

Сезонное обслуживание является мероприятием, направленным на подготовку экскаватора к сезонной эксплуатации и совмещается, как правило, с ТО_м, ТР₁ или ТР₂. Обычно осуществляется экипажем, а также силами ремонтно-механической службы. В мероприятия по ТО_с входят: замена технологических жидкостей и расходных материалов, проверка уплотнений кузова и кабины, а также проверка и наладка отопителей, кондиционера и пневмосистемы.

В работах при проведении первого текущего ремонта (квартального), дополнительно к штатным мероприятиям в рамках ТО_м предусмотрены:

1. полная ревизия и затяжка крепежа;
2. осмотр и ремонт сварных соединений металлоконструкций;
3. визуальный осмотр и ремонт зубчатых передач;
4. проверка и регулировка предохранительных, блокировочных и сигнализирующих устройств;
5. разборка отдельных узлов, дальнейшая работоспособность которых вызывает сомнение; замену поврежденных и предельно изношенных деталей;
6. ремонт трубопроводов системы смазки и пневматики;
7. проверка оборудования на шум, нагрев, биение и вибрацию.

При втором текущем ремонте (полугодовом) выполняют дополнительно к предусмотренным в ТР₁: полную ревизию зубчатых передач с заменой отдельных зубчатых передач (при необходимости); замену тормозных шкивов (при необходимости); дефектацию узлов и деталей, требующих замены или реставрации при ближайшем текущем ремонте Т₃ или капитальном ремонте, с занесением данных в агрегатный журнал; замену ползунов и бронзовых вкладышей седлового подшипника достигших предельного состояния; ревизию подшипников с заменой поврежденных и предельно изношенных; ревизию механизма торможения днища ковша, при необходимости с добавлением или заменой фрикционных дисков; ремонт ограждений, площадок, кожухов и др.

При третьем текущем ремонте (годовом) выполняются:

Работы, предусмотренные TR_2 ; замена и ремонт (при необходимости) крупных узлов и электрических машин; реставрация или замена деталей (комплектных узлов), которые не смогут проработать до следующего (очередного) текущего ремонта T_3 или капитального ремонта; выявление узлов и деталей, требующих ремонта или замены при ближайшем текущем T_3 или капитальном ремонте.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. Справка о внедрении результатов
диссертационной работы**

| | | |
|---|---|--------------------------------|
|  ИЗ-КАРТЭКС ИМЕНИ П.Г.КОРОБКОВА | Общество с ограниченной ответственностью "ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова" | |
| | Ижорский завод, д. б/н, г. Санкт-Петербург, Колпино, 196650, тел.:(812) 322-83-72, факс: (812) 322-87-61 | |
| | iz-kartex@iz-kartex.com | www.iz-kartex.com |
| | ОКПО 74816237 / ОГРН 1047855158780 | ИНН 7817301375 / КПП 783450001 |

от « 22 » мая 2018

СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационной работы

Ивановой Полины Викторовны

«Выявление закономерностей изменения наработки карьерного электрического экскаватора большой единичной мощности с учетом воздействия факторов природно-техногенного характера»

Справка дана Ивановой П.В. в том, что результаты диссертационной работы использованы при разработке эксплуатационной и ремонтной документации в ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова», в частности, руководства по эксплуатации экскаваторов ЭКГ-32Р и ЭКГ-35К и регламента технического обслуживания и ремонтов экскаваторов ЭКГ-32Р и ЭКГ-35К.

Разработанная модель и прикладная программа приняты к использованию при оценке наработки карьерных экскаваторов в реальных условиях горнодобывающих предприятий.

Использование предложенной Ивановой П.В. методики оценки влияния климатического фактора на работоспособность карьерных экскаваторов с использованием комплексного показателя – индекса жесткости погоды, учитывающего влияние факторов как холодного, так и жаркого климата в течение всего периода эксплуатации экскаватора позволяет с большей точностью планировать затраты и мероприятия по поддержанию работоспособности машин.

Главный конструктор



Д.А. Мельников

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Программа для ЭВМ: «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р»

Фрагмент исходного текста программы

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <title>Bootstrap Example</title>
  <meta charset="utf-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <link rel="stylesheet" href="css/bootstrap.min.css">
  <link rel="stylesheet" href="css/style.css">
  <script src="js/jquery.min.js"></script>
  <script src="js/bootstrap.min.js"></script>

  <script src="js/Chart.bundle.min.js"></script>
  <script src="js/utills.js"></script>

  <style>
    canvas {
      -moz-user-select: none;
      -webkit-user-select: none;
      -ms-user-select: none;
    }
  </style>

  <link rel="shortcut icon" type="image/x-icon" href="favicon.ico"/>

</head>
<body>

<div class="container-fluid">

  <section class="row" id="navigation" style="min-height: 52px">
    <!--top menu-->
    <nav class="navbar navbar-default navbar-inverse" role="navigation">
      <div class="container-fluid">
        <div class="navbar-header">
          <button type="button" class="navbar-toggle collapsed" data-toggle="collapse"
            data-target="#top-navbar-collapse" aria-expanded="false">
            <span class="sr-only">Toggle navigation</span>
            <span class="icon-bar"></span>
            <span class="icon-bar"></span>
            <span class="icon-bar"></span>
          </button>
        </div>
      </div>
    </nav>
  </section>

```

```

</button>
<a class="navbar-brand" href="/events">
  <!---->

  </a>
</div>

<!-- Collect the nav links, forms, and other content for toggling -->
<div class="collapse navbar-collapse" id="top-navbar-collapse">

  </div><!-- /.navbar-collapse -->
</div><!-- /.container-fluid -->
</nav>
</section>

<section class="row" id="main-content" style="padding-top: 20px">
  <div class="col-sm-9 col-md-9 col-lg-10 col-xs-12 main">
    <div>
      <canvas id="canvas"></canvas>
    </div>
    <div>
      <div id="buttons" class="col-xs-12">
        <form class="form-inline">
          <div class="form-group">
            <label for="graphDescription" class="control-label">Описание</label>

            <input type="text" class="form-control" id="graphDescription">

          </div>
          <div class="form-group">
            <label for="graphColor" class="control-label">Цвет</label>

            <select class="form-control" id="graphColor">
              <option value="blue">синий</option>
              <option value="green">зеленый</option>
              <option value="red">красный</option>
              <option value="orange">оранжевый</option>
              <option value="#d2691e">Шоколадный</option>
              <option value="yellow">желтый</option>
              <option value="black">черный</option>
              <option value="#f34723">гранатовый</option>
              <option value="#474a51">графитовый</option>
            </select>

          </div>
        </form>
      </div>
    </div>
  </div>

```

```
<div class="form-group">
```

```
  <input type="button" id="submit" class="btn btn-success" value="Добавить">
</div>
```

```
</form>
```

```
</div>
```

```
<div id="info" class="col-xs-12" style="padding-top: 15px">
```

```
  <div class="col-sm-5 col-xs-12">
```

```
    <table class="table">
```

```
      <tr>
```

```
        <th>Коэффициент экскавации</th>
```

```
        <th>Категория породы</th>
```

```
      </tr>
```

```
      <tr>
```

```
        <td>0,91</td>
```

```
        <td>I</td>
```

```
      </tr>
```

```
      <tr>
```

```
        <td>0,84</td>
```

```
        <td>II</td>
```

```
      </tr>
```

```
      <tr>
```

```
        <td>0,7</td>
```

```
        <td>III</td>
```

```
      </tr>
```

```
      <tr>
```

```
        <td>0,6</td>
```

```
        <td>IV</td>
```

```
      </tr>
```

```
      <tr>
```

```
        <td>0,5</td>
```

```
        <td>V</td>
```

```
      </tr>
```

```
    </table>
```

```
</div>
```

```
<div class="col-sm-5 col-xs-12">
```

```
  <table class="table">
```

```
    <tr>
```

```
      <th>Стратегия ТОиР</th>
```

```
      <th>Коэффициент ТОиР</th>
```

```
    </tr>
```

```
    <tr>
```

```

        <td>По факту отказа</td>
        <td>0,635</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Предупредительная (ППР)</td>
        <td>0,692</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>По фактическому состоянию</td>
        <td>0,717</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Комбинированная</td>
        <td>0,732</td>
    </tr>
</table>
</div>
</div>
<div id="log" class="col-xs-12">

</div>
</div>
</div>

<div id="left-menu" class="col-sm-3 col-md-3 col-lg-2 col-xs-12 sidebar">
    <!--Left content menu here-->
    <div id="left-user-view-menu">
        <form>
            <div class="form-group">
                <label for="capacity">Вместимость ковша</label>
                <div class="input-group">
                    <input type="text" class="form-control" id="capacity" placeholder="32"
value="32">
                    <div class="input-group-addon">м<sup>3</sup></div>
                </div>
            </div>

            <div class="form-group">
                <label for="cycleTime">Время цикла</label>
                <div class="input-group">
                    <input type="text" class="form-control" id="cycleTime" placeholder="30"
value="30">
                    <div class="input-group-addon">с</div>
                </div>
            </div>
        </form>
    </div>
</div>

```

```
</div>
```

```
<div class="form-group">
```

```
<label for="timeFund">Фонд времени</label>
```

```
<div class="input-group">
```

```
<input type="text" class="form-control" id="timeFund" placeholder="8760"
value="8760">
```

```
<div class="input-group-addon">ч</div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
<div class="form-group">
```

```
<label for="eskFactor">Коэффициент эскавации</label>
```

```
<input type="text" class="form-control" id="eskFactor" placeholder="0.7"
value="0.7">
```

```
</div>
```

```
<div class="form-group">
```

```
<label for="TOiRFactor">Коэффициент стратегии ТОиР</label>
```

```
<input type="text" class="form-control" id="TOiRFactor" placeholder="0.692"
value="0.692">
```

```
</div>
```

```
<div class="form-group">
```

```
<label for="overSizeFactor">Процент негабарита</label>
```

```
<div class="input-group">
```

```
<input type="text" class="form-control" id="overSizeFactor" placeholder="2"
value="2">
```

```
<div class="input-group-addon">%</div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
<div class="form-group">
```

```
<label for="tiltFactor">Угол наклона рабочей площадки</label>
```

```
<div class="input-group">
```

```
<input type="text" class="form-control" id="tiltFactor" placeholder="5"
value="5">
```

```
<div class="input-group-addon"><sup>o</sup></div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
<div class="form-group">
```

```
<label for="averageTemp">Помесячная среднегодовая средняя
температура</label>
```

```
<div class="input-group">
```



```

        <input type="text" class="form-control" id="averageTemp" placeholder="5.8"
value="5.8">
        <div class="input-group-addon"><sup>o</sup>C</div>
    </div>
</div>

<div class="form-group">
    <label for="absTemp">Помесячная      среднегодовая      абсолютная
температура</label>
    <div class="input-group">
        <input type="text" class="form-control" id="absTemp" placeholder="38"
value="38">
        <div class="input-group-addon"><sup>o</sup>C</div>
    </div>
</div>

<div class="form-group">
    <label for="sigmaTemp">Помесячная      среднегодовая      рассеивание
температуры</label>
    <div class="input-group">
        <input type="text" class="form-control" id="sigmaTemp" placeholder="14"
value="14">
        <div class="input-group-addon"><sup>o</sup>C</div>
    </div>
</div>

<div class="form-group">
    <label for="windSpeed">Помесячная среднегодовая скорость ветра</label>
    <div class="input-group">
        <input type="text" class="form-control" id="windSpeed" placeholder="1.4"
value="1.4">
        <div class="input-group-addon">м/с</div>
    </div>
</div>

<div class="form-group">
    <label for="airHumidity">Помесячная среднегодовая влажность воздуха</label>
    <div class="input-group">
        <input type="text" class="form-control" id="airHumidity" placeholder="0.78"
value="0.78">
        <div class="input-group-addon">ддл</div>
    </div>
</div>

<div class="form-group">
    <label for="solarRad">Помесячная среднегодовая солнечная радиация</label>

```

```

    <div class="input-group">
      <input type="text" class="form-control" id="solarRad" placeholder="7"
value="7">
      <div class="input-group-addon">ккал/см<sup>2</sup></div>
    </div>
  </div>

  <div class="form-group">
    <label for="badWaterDays">Среднегодовое количество дней с туманами,
бурями, метелями,
      ливнями</label>
    <div class="input-group">
      <input type="text" class="form-control" id="badWaterDays" placeholder="16"
value="16">
      <div class="input-group-addon">дней</div>
    </div>
  </div>

  <div class="form-group">
    <label for="coldMonthCount">Среднегодовая продолжительность действия
температуры ниже
      0<sup>o</sup>C </label>
    <div class="input-group">
      <input type="text" class="form-control" id="coldMonthCount" placeholder="6"
value="6">
      <div class="input-group-addon">месяцев</div>
    </div>
  </div>

</form>

</div>
</div>

</section>

</div>
<script src="js/custom.js"></script>

</body>
</html>

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа расчета наработки карьерного экскаватора ЭКГ-32Р»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018618377

**«ПРОГРАММА РАСЧЕТА НАРАБОТКИ КАРЬЕРНОГО
ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-32Р»**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Иванова Полина Викторовна (RU), Иванов Александр Сергеевич (RU), Кувшинкин Сергей Юрьевич (RU)*

Заявка № **2018613666**

Дата поступления **13 апреля 2018 г.**

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **12 июля 2018 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU 2018618377

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):
2018618377

Дата регистрации: 12.07.2018

Номер и дата поступления заявки:
2018613666 13.04.2018Дата публикации и номер бюллетеня:
12.07.2018 Бюл. № 7Контактные реквизиты:
нет

Автор(ы):

Иванова Полина Викторовна (RU),
Иванов Александр Сергеевич (RU),
Кувшинкин Сергей Юрьевич (RU)

Правообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский горный
университет» (RU)

Название программы для ЭВМ:

«ПРОГРАММА РАСЧЕТА НАРАБОТКИ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-32Р»

Реферат:

Программа может применяться конструкторскими бюро машиностроительных предприятий, научно-исследовательскими и проектными организациями и службами главного механика горнодобывающих предприятий при эксплуатации электрических карьерных экскаваторов большой единичной мощности в заданных условиях эксплуатации, а также для обучения студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Горные машины и оборудование». Программа предназначена для оценки наработки карьерного экскаватора с учетом факторов природно-техногенного воздействия. Результатом расчетов являются зависимости прогнозируемой наработки экскаватора от года эксплуатации. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: оценка воздействия климатического фактора; оценка воздействия горно-геологических условий эксплуатации; оценка воздействия качества подготовки забоя и горной массы; оценка воздействия принятой стратегии ТО и Р; расчет прогнозируемой наработки карьерного экскаватора от факторов воздействия.

Язык программирования: Java Script в html разметке

Объем программы для ЭВМ: 14 Кб

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Определение рациональных длин стрелы, рукояти и вместимости ковша карьерного экскаватора»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018614385

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ДЛИН СТРЕЛЫ,
РУКОЯТИ И ВМЕСТИМОСТИ КОВША КАРЬЕРНОГО
ЭКСКАВАТОРА (ПРОГРАММА OPENCAST)**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Кувшинкин Сергей Юрьевич (RU),
Иванова Полина Викторовна (RU)*

Заявка № **2018611580**

Дата поступления **20 февраля 2018 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **04 апреля 2018 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU 2018614385**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**Номер регистрации (свидетельства):
2018614385

Дата регистрации: 04.04.2018

Номер и дата поступления заявки:
2018611580 20.02.2018Дата публикации и номер бюллетеня:
04.04.2018 Бюл. № 4Контактные реквизиты:
нет

Автор(ы):

Кувшинкин Сергей Юрьевич (RU),
Иванова Полина Викторовна (RU)

Правообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский горный
университет» (RU)

Название программы для ЭВМ:

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ДЛИН СТРЕЛЫ, РУКОЯТИ И ВМЕСТИМОСТИ
КОВША КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА (ПРОГРАММА OPENCAST)****Реферат:**

Программа может применяться конструкторскими бюро машиностроительных предприятий, научно-исследовательскими и проектными организациями и службами главного механика горнодобывающих предприятий при модернизации находящихся в эксплуатации карьерных экскаваторов типа прямая механическая лопата, при выборе типажной структуры экскаваторно-транспортного комплекса с целью повышения эффективности его эксплуатации в заданных горнотехнических условиях. Предназначена для оценки конструкции рабочего оборудования карьерного экскаватора по величине суммарных удельных энергозатрат на экскавацию и транспортирование горной массы. Обеспечивает: определение линейных и угловых параметров, необходимых для расчета усилий и мощностей основных приводов; расчет подъемных и напорных усилий в каждом периоде цикла экскавации и сравнение их с допустимыми значениями и другое.

Язык программирования: Turbo Pascal 7.0**Объем программы для ЭВМ:** 48 КБ