



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

620144, г. Екатеринбург, ГСП-126, ул. Куйбышева, 30 тел.: (343) 257-25-47, факс: (343) 283-01-12
e-mail: office@ursmu.ru, http://www.ursmu.ru

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Уральский государственный
горный университет»,
доктор технических наук, доцент



Д.И. Симисинов

«29» 08 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**на диссертацию Бессонова Александра Евгеньевича
на тему: «Обоснование рациональных режимов работы карьерного
электрического экскаватора как эргатической системы», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины**

На отзыв представлена диссертация, состоящая из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 128 наименований, и 6 приложений. Диссертация изложена на 125 страницах машинописного текста, содержит 20 рисунков и 6 таблиц. Автореферат диссертации на 20 страницах с 4 рисунками.

1. Актуальность темы диссертации

Рост конструктивной сложности и расширение функциональных возможностей карьерных электрических экскаваторов, повышает требования к квалификации операторов и делает анализ эргатической системы ключевым для обеспечения результативности эксплуатации. Исследование таких систем позволяет выявлять факторы, определяющие эффективность функционирования технологического комплекса, и служит основой для разработки научно обоснованных подходов к управлению производственными процессами.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-407 от 01.09.2025
АУ УС

Однако степень изученности комплексного влияния системы «оператор-машина» на эксплуатационные показатели карьерных экскаваторов остаётся недостаточной. Отсутствие целостного подхода затрудняет формирование рекомендаций по задействованию внутренних резервов системы, что актуализирует необходимость исследований, ориентированных на повышение ресурсных и технико-экономических характеристик оборудования. Дефицит профессиональных навыков приводит к снижению производительности оборудования на открытых горных работах до 20 %, что напрямую отражается и на стабильности работы экскаватора.

В этих условиях научная значимость работы, направленной на комплексную оценку эффективности функционирования экскаватора через совместный учёт временных и энергетических характеристик рабочего цикла, определяется её практической ориентированностью: такой подход обеспечивает верифицируемые критерии мониторинга уровня подготовки операторов и переносимую основу для совершенствования режимов эксплуатации на реальных производствах. Дополнительную актуальность придаёт возможность опоры на штатные средства регистрации и программную реализацию расчётов, что облегчает внедрение результатов и повышает управляемость горнотранспортных процессов.

2. Научная новизна диссертации

– Сформулированы и теоретически обоснованы закономерности рабочего цикла карьерного электрического экскаватора с учетом эргатической системы на базе математической модели, позволяющей в явном виде учитывать временные резервы управления и количественно их оценивать.

– Установлены устойчивые функциональные зависимости между уровнем профессиональной подготовки оператора и эксплуатационной эффективностью экскаватора по показателям, отражающим степень реализации технического потенциала оборудования.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы обеспечены сочетанием теоретических и экспериментальных исследований. Теоретическая часть опирается на аналитическое моделирование рабочего цикла карьерного экскаватора как эргатической системы, в результате чего была получена математическая модель рабочего цикла карьерного электрического экскаватора, а также комплексный критерий, учитывающий временные и энергетические характеристики процесса добычи. Такая постановка придаёт методологическую строгость и внутреннюю согласованность выводам.

Экспериментальные исследования выполнены на полноразмерном тренажёрном комплексе ЭКГ-18Р/20К (ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова») при

воспроизводимых горнотехнических условиях с регистрацией телеметрии штатной информационно-диагностической системой (IDS). В рамках подготовки экспериментов унифицированы сценарии, задан перечень контролируемых параметров и введена типология критических/некритических ошибок; сбор и обработка данных реализованы с трассируемостью записей и автоматизированной визуализацией, что повышает сравнимость серий наблюдений.

Полученные результаты демонстрируют соответствие между теоретическими прогнозами и фактическими измерениями: установлены устойчивые зависимости уровня подготовки оператора с эксплуатационными характеристиками (сокращение длительности цикла, снижение числа ошибок, стабилизация коэффициента заполнения ковша) и подтверждена применимость комплексного критерия на базе IDS. Результаты корректно интерпретированы и сопровождаются графическим материалом.

4. Научные результаты, их ценность

В диссертации сформирована модель рабочего цикла карьерного электрического экскаватора с учётом особенностей эргатической системы «оператор-машина»: последовательное выполнение этапов и их влияние на продолжительность цикла позволяют количественно выявлять временные резервы управления. Представленная математическая модель позволила продемонстрировать резервы управления оборудованием, составляющие в среднем 30% от общего времени рабочего цикла.

Разработан комплексный подход к оценке квалификации, включающий коэффициенты: энергоэффективности, управления операцией копания, а также совмещёнными операциями поворота-опускания при полном и порожнем ковше. Критерий рассчитывается по данным штатной информационно-диагностической системы (IDS) без установки внешних датчиков, что обеспечивает оперативное применение в учебной и производственной среде.

Проведена экспериментальная верификация на полноразмерном тренажёрном комплексе ЭКГ-18Р/20К: показан устойчивый рост производительности к 30–35 часу обучения, снижение длительности цикла до 30–34 с и стабилизация коэффициента заполнения ковша до 0,92–0,95.

Полученные результаты исследований прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях. Результаты диссертационной работы в достаточной мере освещены в 8 печатных работ, в том числе 2 статьи – в изданиях из перечня ВАК и 2 статьи – в изданиях, входящий в международные базы данных и системы цитирования Scopus.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Разработано целостное описание рабочего цикла карьерного электрического экскаватора как детерминированного процесса в эргатической системе. Модель

фиксирует последовательность элементарных операций и позволяет количественно выявлять внутренние временные резервы управления, что расширяет инструментарий анализа взаимодействия оператора с оборудованием.

Представлено, что связка двух базовых показателей – суммарных энергозатрат и длительности рабочего цикла – даёт формализованное основание для оценки степени реализации технического потенциала машины и текущего уровня подготовки оператора. Такой подход обеспечивает переход от внешних производственных метрик к критериям, опирающимся на внутренние параметры цикла.

Созданы программно-технические средства для внедрения результатов: разработано и зарегистрировано программное обеспечение для автоматизированного расчёта комплексного критерия (свидетельство № 2025615717); решение интегрируется с телеметрией и измерительным контуром тренажёрного комплекса ЭКГ-18Р/20К, используемого автором для исследования и обучения.

Эффективность подхода подтверждена промышленной апробацией: результаты использованы в деятельности ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова», что оформлено актом внедрения от 04.06.2025; разработанные регламенты и программные средства предназначены для мониторинга навыков операторов, адресной коррекции действий и выбора рациональных режимов работы экскаватора.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты исследования рекомендуется положить в основу программ подготовки и повышения квалификации машинистов на полноразмерных тренажёрных комплексах. Тренировочный процесс следует строить с регулярной фиксацией телеметрии и выполнением контрольных упражнений, по итогам которых анализируются продолжительность рабочего цикла, производительность и характер эксплуатационных ошибок.

Алгоритмы расчёта показателей реализованы в зарегистрированном программном обеспечении, что облегчает интеграцию с действующими системами сбора телеметрии и корпоративными панелями мониторинга. Программный модуль рекомендуется внедрять в учебно-производственные контуры для автоматизации расчётов, визуализации динамики подготовки и документирования результатов аттестации персонала.

Рекомендуется к применению на предприятиях-производителях карьерного оборудования (ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова»), а также на эксплуатирующих предприятиях – угольных разрезах и др.: для организации обучения и повышения квалификации персонала на тренажёрных комплексах и для регулярной оценки (аттестации) квалификации операторов непосредственно в процессе работы по данным штатных систем мониторинга. В перспективе наработанная методическая и инструментальная база может служить основой для последующей ав-

томатизации управления карьерным экскаватором с применением методов искусственного интеллекта.

7. Замечания и вопросы по работе

1) Не корректное название диссертации, так как в работе не рассмотрены рациональные режимы работы карьерного электрического экскаватора. Кроме того, карьерный экскаватор – это не эргатическая система, это **элемент** эргатической системы «человек-машина», «оператор-машина».

2) В работе детально рассматриваются показатели времени цикла и энергозатрат (правильнее энергопотребление), но практически не освещается вопрос надёжности оборудования: как уровень квалификации оператора влияет на частоту отказов и ресурс узлов?

3) Математическая модель рабочего цикла содержит ряд упрощений (постоянное время выгрузки, исключение работы на удержание ковша). Не показано, как эти допущения влияют на точность прогнозирования времени рабочего цикла оборудования?

4) Не корректно составлен рис. 2.1. Кроме движения ковша, есть еще движение рукояти, которое совсем не учитывает автор. Допустимость совмещения поворота и опускания обоснована независимостью приводов, а учтены ли режимы, где совмещение не рекомендовано из-за ограничений производителя?

5) В диссертации подробно рассмотрена динамика внутренних показателей цикла, но слабо освещено влияние организационных факторов (подача транспорта, погодные условия, график смен).

6) Не рассматривается вопрос рассогласования между «агрессивной» техникой копания (минимальное время цикла) и качеством загрузки транспорта (равномерность распределения в кузове и т.д.).

7) Не представлена статистика работы на реальном оборудовании и анализа данных результатов.

8) Не ясно, как оценить **«текущий уровень»** квалификации оператора по показателю энергозатрат (энергопотребления)?

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Обоснование рациональных режимов работы карьерного электрического экскаватора как эргатической системы», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 – Гео-технология, горные машины полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного

приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор, Бессонов Александр Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины.

Диссертация и отзыв были обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Горные машины и комплексы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет» (протокол № 10 от 18.08.2025 года). Отзыв составлен по результатам обсуждения диссертации.

Заведующая кафедрой горных машин и комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет», доктор технических наук по специальности 05.05.06 Горные машины, профессор

Лагунова
Юлия Андреевна

Секретарь заседания доцент кафедры горных машин и комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет», кандидат технических наук по специальности 05.05.06 Горные машины

Иванов
Игорь Юрьевич

Подпись Лагуновой Юлии Андреевны – председателя заседания и Иванова Игоря Юрьевича – секретаря заседания заверяю

Начальник отдела кадров Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет»



Сабанова
Татьяна Борисовна

М.П.

Сведения о ведущей организации:

Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»

Почтовый адрес: 620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30

Официальный сайт: www.ursmu.ru

e-mail: office@ursmu.ru

Тел.: +7(343) 257-45-25, 283-01-12