

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Репина Сергея Васильевича 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 рецензирование представлена диссертация, в состав которой входят оглавление, введение, четыре главы с выводами по каждой, заключение, список литературы из 128 наименований и шесть приложений. Общий объём — 125 страниц машинописного текста; работа содержит 20 рисунков и 6 таблиц.

1. Актуальность темы диссертации

Интенсивное усложнение конструкции и «насыщение» функционала карьерных электрических экскаваторов делают человеческий фактор критически значимым: результативность работы всё в большей степени определяется тем, как машинист управляет машиной в реальных технологических условиях. Это смещает фокус к системному рассмотрению экскаватора как эргатической системы, где именно согласование действий человека с динамикой технического комплекса задаёт уровень производительности и устойчивости процесса.

При этом отечественная и зарубежная практика пока не располагает цельной и общеприменимой методикой, позволяющей количественно учитывать совместное влияние оператора и машины на эксплуатационные показатели. Фрагментарность существующих подходов и ориентация на внешние «производственные» метрики затрудняют выявление внутренних резервов управления.

Предлагаемая в диссертации интегральная оценка функционирования экскаватора по внутренним параметрам рабочего цикла — совокупности временных и энергетических характеристик. Такой формат описания даёт проверяемые критерии для мониторинга подготовки операторов, позволяет выстраивать адресные программы обучения и служит переносимой основой для корректировки режимов эксплуатации на действующих предприятиях. Опора на штатные средства регистрации и программную реализацию расчётов упрощает внедрение результатов и обеспечивает управляемость горнотранспортных процессов без разрыва производственного контура.

2. Научная новизна диссертации

- Закономерности рабочего цикла в постановке эргатической системы. Сформулированы и теоретически обоснованы закономерности формирования и протекания рабочего цикла карьерного электрического экскаватора в системе «оператор—машина»; построена детерминированная математическая модель с параметризацией элементарных операций, позволяющая в явном виде учитывать параллелизацию действий, внутренние временные резервы управления и количественно оценивать их вклад в суммарную продолжительность рабочего цикла.

- Связь квалификации оператора с эксплуатационной эффективностью. Установлены устойчивые функциональные зависимости между уровнем профессиональной подготовки оператора и эксплуатационной эффективностью экскаватора по показателям, отражающим степень реализации технического потенциала оборудования (сокращение и стабилизация длительности рабочего цикла, рост доли совмещённых операций, стабилизация коэффициента заполнения ковша, снижение удельных энергозатрат).

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-249 от 17.09.25
АУ УС

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

Обоснованность и достоверность обеспечены согласованным сочетанием аналитического и экспериментального этапов исследования. На теоретическом уровне сформирована детерминированная модель рабочего цикла карьерного электрического экскаватора в постановке эргатической системы «оператор–машина»; на её основе представлен комплексный оценочный показатель, агрегирующий временные и энергетические характеристики процесса. Чётко заданы допущения и границы применимости, что придаёт выводам методологическую строгость и внутреннюю согласованность.

Экспериментальное исследование на полноразмерном тренажёрном комплексе ЭКГ-18Р/20К в воспроизводимых горнотехнических условиях с регистрацией телеметрии штатной информационно-диагностической системой. Сценарии отработки унифицированы, перечень контролируемых параметров нормирован, введена типология критических и некритических ошибок; сбор и обработка данных обеспечены трассируемостью записей и автоматизированной визуализацией, что повышает сопоставимость и повторяемость результатов.

Сопоставление расчётных и экспериментальных данных показывает их согласованность: выявлены устойчивые функциональные зависимости между уровнем подготовки оператора и эксплуатационными характеристиками экскаватора (сокращение продолжительности цикла, снижение частоты ошибок, стабилизация коэффициента заполнения ковша). Подтверждена работоспособность комплексного критерия, а интерпретация результатов опирается на статистически устойчивые измерения и сопровождается наглядным графическим материалом.

4. Научные результаты, их ценность

В работе разработана и формализована модель рабочего цикла карьерного электрического экскаватора в постановке эргатической системы «оператор–машина». Последовательность и взаимодействие этапов описаны таким образом, что становится возможной количественная идентификация внутренних временных резервов управления.

Сформирован комплексный подход к оценке квалификации оператора, включающий систему коэффициентов: энергоэффективности, управления операцией копания, а также совмещёнными операциями поворота и опускания при полном и порожнем ковше. Показатели вычисляются по данным штатной информационно-диагностической системы без установки дополнительных датчиков, что обеспечивает применение как в учебном контуре, так и в производственных условиях.

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

Полученные результаты апробированы на всероссийских и международных конференциях; положения диссертационной работы отражены в восьми публикациях, в том числе двух статьях в изданиях из Перечня ВАК и двух – в журналах, индексируемых в международных базах данных и системах цитирования Scopus.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Предложено целостное описание рабочего цикла карьерного электрического экскаватора как детерминированного процесса в эргатической системе «оператор-машина». Модель фиксирует последовательность элементарных операций и их совмещение, что позволяет количественно выявлять внутренние временные резервы управления. Показано, что связка двух базовых параметров – суммарных энергозатрат и длительности цикла – даёт формализованную основу для оценки степени реализации технического потенциала машины и текущего уровня подготовки оператора, переводя анализ от внешних производственных метрик к внутренним параметрам процесса.

Созданы программно-технические средства: разработано и зарегистрировано программное обеспечение для автоматизированного расчёта комплексного критерия (свидетельство № 2025615717). Результаты исследования апробированы в деятельности ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова».

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Предлагается встроить полученные результаты в учебные программы подготовки и переподготовки машинистов на полноразмерных тренажёрных комплексах. Учебный цикл следует организовывать на основе непрерывного сбора телеметрии и выполнения стандартизированных упражнений; по их итогам проводится инструментальный разбор длительности цикла, фактической производительности и структуры эксплуатационных ошибок. Интегральный показатель, построенный на временных и энергетических характеристиках, целесообразно закрепить как объективный индикатор освоения, основание для допуска к самостоятельной работе и для периодической переаттестации.

Алгоритмы расчёта реализованы в зарегистрированном программном обеспечении и могут быть напрямую интегрированы в действующие контуры телеметрии и корпоративные панели мониторинга. Рекомендуется развёртывание программного модуля в учебно-производственной среде с автоматизацией вычислений, наглядной визуализацией динамики подготовки и формированием формализованных отчётов для аттестации персонала.

К внедрению адресуются как машиностроительные предприятия (по типу ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова»), так и эксплуатирующие организации – угольные разрезы и горнорудные компании. В первом случае разработки используются для стандартизации тренажёрной подготовки и методического сопровождения клиентов, во втором – для регулярной оценки квалификации операторов непосредственно в смене по данным штатных систем мониторинга, без установки дополнительных датчиков. Сформированная методическая и программная база может служить стартовой площадкой для последующего развития систем поддержки операторов и частичной автоматизации управления экскаватором.

7. Замечания и вопросы по работе

1. В модели поворота и совмещения операций не учтены инерционные явления: маятниковое раскачивание ковша/рукояти, и упругость канатных подвесок. Эти факторы способны влиять как на время рабочего цикла, так и на энергетический профиль.

2. Область применимости формул не очерчена по геометрическим экстремумам: малые углы поворота (короткий разворот на отвал), большие высоты забоя/дальние радиусы. Для этих случаев соотношение между этапами и совмещаемость операций может отличаться.

3. Введённые пороговые значения декларируются как «допуск к производству», но не показана межмашинная переносимость: будут ли те же отсечки валидны для ЭКГ другого типоразмера/производителя и иных настроек IDS?

4. Влияние схемы расположения автосамосвала (дистанция/угол относительно оси поворота) на реализуемость совмещения и длительность фаз «поворот-опускание» не рассмотрено.

5. Не рассмотрен учёт предельных режимов приводов (насыщение по моменту/току, отсечки защиты). При их наступлении допущение о линейной совмещаемости фаз может нарушаться.

6. Не обсуждена потенциальная рассогласованность целей «минимум времени рабочего цикла» и «мягкая кинематика» (ограничение ускорений/рывка) с точки зрения надежности (канаты, зубья, рукоять). Многокритериальная постановка отсутствует.

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 – Геотехнология, 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.

Официальный оппонент, Профессор кафедры
наземных транспортно-технологических машин,
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»,
д.т.н., профессор

Репин Сергей Васильевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
Почтовый адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4
Официальный сайт в сети Интернет: <https://gasu-gov.ru/>
эл. почта: tm@spbgasu.ru телефон: +7 (812) 575-01-95

Подпись Репина Сергея Васильевича заверяю
М.П.

