СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ | SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;
ИНН/КПП 2463011853/246301001

_____ № _____

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Денис Сергеевич Гуц

_____

«07» сентября 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Кузнецова Игоря Сергеевича

«Оптимизация параметров карьерных экскаваторно-автомобильных комплексов с учетом внеплановых простоев», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 «Горные машины»

Актуальность темы диссертации

Открытый способ добычи угля занимает лидирующее положение в Российской Федерации, поскольку объем угля, извлекаемый данным способом, составляет 74% от всей добычи этого полезного ископаемого в стране. В настоящее время важной задачей для угольной промышленности остается повышение эксплуатационной производительности экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК), использующихся при проведении вскрышных и добычных работ на угледобывающих предприятиях открытым способом. Проблемой является то, что существующие методики определения оптимальных параметров ЭАК не позволяют детально учитывать влияние причин и продолжительности простоев горных машин, а также вероятностное взаимодействие экскаваторов и автоса-

мосвалов во времени и пространстве. Все это приводит к искаженным оценкам при выборе параметров ЭАК и несоответствию расчетной (плановой) и фактической величин производительности. Таким образом, тема диссертационной работы Кузнецова Игоря Сергеевича, направленная на оптимизацию параметров карьерных ЭАК с учетом внеплановых простоев, является актуальной.

В соответствии с актуальностью в диссертации обоснованы цель и задачи исследований. Основная цель - оптимизация параметров карьерных экскаваторно-автомобильных комплексов с учетом внеплановых простоев для повышения эффективности открытых горных работ достигнута, что подтверждается содержанием диссертации, выводами и рекомендациями.

Основная идея работы, заключающаяся в совместном использовании эволюционного алгоритма и аналитико-имитационного моделирования технологических процессов для оптимизации параметров экскаваторно-автомобильного комплекса реализована.

Диссертация выполнена при финансовой поддержке РФФИ №19-37-90031 в период 2019-2021 гг.

В первой главе диссертации Кузнецов И.С. определил множество основных параметров ЭАК, которые используются для определения эффективности его работы. Используя элемент комбинаторики «сочетание», доказано, что количество возможных вариантов комплектации параметров ЭАК может достигать сотен тысяч, что значительно усложняет задачу выбора оптимального решения. При этом возможен пропуск рационального варианта, которые могут привести к нерациональной трате технико-экономических ресурсов при ведении открытых горных работ. Автором проведен анализ состояния и тенденций развития методов математического моделирования и оптимизации параметров карьерных ЭАК. Выявлены недостатки, приводящие к искаженным оценкам при выборе оптимальных параметров ЭАК.

По результатам анализа в первой главе обоснована актуальность работы, сформулированы цель, идея и задачи исследования.

Во второй главе приводится решение первой задачи. Для ее решения, осуществлена систематизация простоев экскаваторов и автосамосвалов, представленная в виде многоуровневой схемы, которая включает 151 причину простоев. С использованием методов статистического анализа идентифицированы законы распределения периодичности и продолжительности внеплановых простоев (ВП). Используя теорию массового обслуживания (ТМО) разработаны концептуальные модели каждого процесса ЭАК в виде систем массового обслуживания (СМО) с последующим их объединением в единую сеть массового обслуживания (СеМО) с учетом внеплановых простоев. Применив язык имитационного моделирования GPSS World исследователем осуществлена программная реализация разработанной СеМО в виде аналитико-имитационной модели (АИМ) и выполнена оценка ее адекватности путем сравнения данных полученных на созданной модели с данными диспетчерских отчетов автоколонн по прошлому периоду для одних и тех же условий эксплуатации. С использованной разработанной АИМ проведена оценка степени влияния внеплановых простоев на добычу из забоя угольного разреза, на примере условий ООО СП «Барзасское товарищество».

В результате, проведенных исследований первая научная задача по разработке аналитико-имитационной модели функционирования ЭАК с учетом внеплановых простоев решена.

В третьей главе приводится решение второй задачи. С использованием АИМ выполнена оценка степени влияния предложений по минимизации ВП горных машин на эксплуатационную производительность ЭАК. Исследован характер влияния периодичности и продолжительности ВП на эксплуатационную производительность ЭАК. Разработан критерий оценки влияния периодичности и продолжительности ВП на эксплуатационную производительность ЭАК основанный на использовании многофакторного дисперсионного анализа. Применив АИМ и предложенный критерий, автором проведено ранжирование степени влияния внеплановых простоев на эксплуатационную производительность ЭАК для условий угольного разреза ООО СП «Барзасское товарищество».

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что первая научная задача по разработке аналитико-имитационной модели функционирования ЭАК с учетом внеплановых простоев решена.

Четвертая глава посвящена решению третьей задачи. Для этого определены целевые функции и ограничения оптимизации параметров ЭАК с учетом ВП и сформулирована многокритериальная задача оптимизации. Для решения данной задачи предложен комплексный критерий оптимизации показателей эффективности ЭАК, основанный на методе свертки, а именно – мультипликативной в агрегированном виде. Приведено решение задачи оптимизации в упрощенном виде. В результате решения которой установлен вариант сочетаний ЭАК с оптимальными параметрами с учетов внеплановых простоев обеспечивается следующим набором автосамосвалов с различным набором параметров. Для автоматизации процесса выбора оптимальных параметров ЭАК с учетом ВП посредством эволюционного алгоритма, разработано программно-методическое обеспечение. В конце четвертой главы приводится сравнение выходных данных диспетчерских отчетов с рекомендуемыми значениями полученные с помощью программно-методического обеспечения.

Основные научные положения в виде утверждений логически следуют из результатов исследований.

Первое научное положение в виде утверждения, что внеплановые простои, характеризующиеся периодичностью и продолжительностью, подчиняющимися гамма-распределению, уменьшают суточную добычу угля в забое по сравнению с плановой добычей в среднем на 17,2% при доверительной вероятности 95,0%.

Во втором научном положении, утверждается, что разработанный критерий оценки влияния внеплановых простоев на эксплуатационную производительность ЭАК (K_i) позволяет выявлять наиболее значимые по периодичности возникновения и продолжительности внеплановые простои экскаваторов и автосамосвалов и учитывать их вклад при оптимизации параметров ЭАК.

В третьем научное положение, обосновано, что оптимальные параметры ЭАК определяются применением эволюционного алгоритма с оценкой эксплуатационной производительности ЭАК и удельных затрат на погрузку и транспортирование горной массы посредством аналитико-имитационного моделирования совместной работы экскаваторов и автосамосвалов с учетом их внеплановых простоев.

Обоснование выполнено на основании применения современных методов эволюционной многофакторной оптимизации, с использованием разработанной автором аналитико-имитационной модели, адекватность которой подтверждается сходимостью результатов моделирования с фактическими показателями работы угольных разрезов Кузбасса для одних и тех же условий эксплуатации.

Оценка новизны и достоверности

Новизна научных положений заключается в разработке аналитико-имитационной модели функционирования ЭАК, отличающейся учетом в сети массового обслуживания (СеМО) задержек заявок в приборах обслуживания, равных величине внеплановых простоев экскаваторов и автосамосвалов, разработке критерия оценки влияния внеплановых простоев экскаваторов и автосамосвалов K_i, который является средним значением между коэффициентами детерминации периодичности возникновения простоя и его продолжительности, а также постановке и решении общей задачи многофакторной многокритериальной оптимизации параметров ЭАК с использованием программно-методического обеспечения, основанного на эволюционной оптимизации и аналитико-имитационном моделировании функционирования ЭАК с учетом динамики и вероятностной природы технологических процессов, а также внеплановых простоев.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением апробированных классических методов аналитико-имитационного моделирования, теории вероятностей, математической статистики и оптимизации, планирования экспериментов, а также удовлетворитель-

ной сходимостью результатов моделирования с фактическими показателями работы угольных разрезов Кузбасса для одних и тех же условий эксплуатации.

Значимость результатов для науки и производства

Научная значимость работы заключается в развитии неклассических методов эволюционной оптимизации параметров ЭАК с учётом влияния внеплановых простоев экскаваторов и автосамосвалов посредством аналитико-имитационного моделирования технологических процессов.

Значение для производства полученных результатов состоит в предложенном подходе, реализованном в виде программно-методического обеспечения, позволяющего принимать решения по выбору оптимальных параметров ЭАК с учетом ВП.

Личный вклад автора подтверждается содержанием диссертации, объемом и оригинальностью проведенных экспериментов, новизной полученных результатов и обоснованными по этим результатам научные положения, а также содержание публикаций по теме диссертации. Анализ указанных источников свидетельствует о научной зрелости Кузнецова Игоря Сергеевича как ученого, обладающего знаниями, соответствующие уровню кандидата наук, способного решать сложные задачи в области открытых горных работах.

Апробация результатов работы приведена в объеме, достаточном для ознакомления широкой научной общественности с основными научными положениями и результатами, что подтверждается докладами на представительных семинарах, конференциях, в том числе молодежных.

Основные результаты опубликованы в 15 научных работах, в том числе 4 – в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 1 – в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе данных Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы на ЭВМ. В диссертации в достаточной степени изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

Предмет и объект исследования соответствует паспорту специальности 05.05.06 – «Горные машины».

Содержание диссертации полностью раскрыто в публикациях, а содержание автореферата диссертации представленный на 23 страницах, полностью отображает содержание, диссертации.

Замечания.

1. Достоверность полученных результатов была бы выше, если бы при расчете продолжительности выполнения основных технологических процессов ЭАК учитывались индивидуальные технические характеристики экскаваторов (например, момент инерции вращающейся части экскаватора, максимальная мощность поворотного двигателя, мощность подъемного двигателя и др.) и автосамосвалов (например, мощность двигателя, тип трансмиссии и др.), а не только вместимость ковша, грузоподъемность, собственный вес и др.

2. Для доработки, предлагаемой в работе программно-методического обеспечения специалистами горной отрасли, потребуются дополнительные трудозатраты на изучение теории имитационного моделирования, эволюционной оптимизации и программирования.

3. На наш взгляд, работа бы значительно выиграла при наличии актов внедрения результатов с действующих угольных разрезов.

4. В диссертационной работе, при учете простоев, никак не учтены показатели надежности горных машин, на которые влияют от условия их эксплуатации и срока службы, а лишь вводятся конкретные значения периодичности и продолжительности простоев.

5. При оценке адекватности (этап валидации) разработанной аналитико-имитационной модели (раздел 2.2.2, стр. 93), следовало показать, какое количество прогонов было выполнено для оценки выходных параметров и как оно определялось, поскольку созданная модель учитывает случайное время протекания процессов, одного прогона явно недостаточно.

Общее заключение

Рассмотренная диссертация Кузнецова Игоря Сергеевича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи выбора оптимальных параметров экскаваторно-автомобильных комплексов с учетом внеплановых простоев горных машин, обеспечивающее повышение эффективности открытых горных работ, что имеет существенное значение для развития угольной отрасли Российской Федерации.

Диссертация и автореферат соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Кузнецов Игорь Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 – «Горные машины».

Отзыв подготовлен Демченко Игорем Ивановичем, доктором технических наук, профессором, утвержден на заседании кафедры горных машин и комплексов (протокол №1 от 07.09.2022 г.).

Доктор технических наук,
профессор кафедры
«Горные машины и комплексы»
Научная специальность:
05.05.06 – «Горные машины» _____ Демченко Игорь Иванович

ОБЩИЙ ОТДЕЛ

ФГАОУ ВО СФУ
Подпись Демченко заверяю
Делопроизводитель
«07» 09 2022 г.