

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Николаева Петра Игоревича «Обоснование и разработка методики комплексной оптимизации параметров технологий проведения горных выработок при автоматизации и роботизации технологических процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая, строительная)»

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 125 странице машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 129 наименований и пяти приложений (титульный лист методики, справки о практической значимости и свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ имитационного моделирования технологии проходки).

Актуальность темы диссертации

В угольной промышленности России ежегодно проходят более 400 км капитальных и участковых, горизонтальных и наклонных горных выработок для вскрытия и подготовки угольных месторождений.

Опыт эксплуатации шахт в Кузбассе показывает хроническое отставание проходки горных выработок от очистных работ. Это связано с недостаточной укомплектованностью штата проходчиков на шахтах, трудностью проходки пластовых выработок комбайновым способом при наличии породных прослойков в угольном пласте, необходимостью применения специальных мероприятий при проходке выработок на шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, а также применением нерациональных параметров проходческих работ вследствие отсутствия на шахтах специальных компьютерных программ по оптимизации и автоматизации проходческих работ.

Таким образом, тема диссертационной работы Николаева П.И., посвященной разработке методики и программы на ЭВМ для выбора оптимальных параметров проходческих работ с применением методов автоматизации и роботизации, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертации автором сформулированы три научные положения.

В первом научном положении установлено, что количество рациональных вариантов элементов автоматизации и роботизации в типовые комбайновые и буро-взрывные технологии проведения горных выработок соответствует произведению числа типовых моделей горных машин, пригодных для работы в заданных горнотехнических условиях, на пять уровней их автоматизации и роботизации.

Во втором научном положении утверждается существование минимума разработанного автором комплексного критерия оптимальности параметров типовых комбайновых и буро-взрывных технологий проведения горных выработок, при котором с использованием имитационного моделирования разрешается противоречие между количеством горнорабочих в проходческом забое, удельного времени и стоимости проходческих работ.

В третьем научном положении утверждается, что разработанный автором адаптированный и эволюционный алгоритм имитационного моделирования определяет основные оптимальные и субоптимальные параметры типовых комбайновых и буро-взрывных технологий проходки горных выработок.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными, так как они получены с использованием современных методов оптимизации сложных систем с применением имитационного моделирования.

Оценка новизны и достоверности

Новизна научных положений заключается в значительном расширении области поиска при оптимизации параметров комбайновой и буро-взрывной технологий проведения горных выработок за счёт не рассматриваемых ранее вариантов частичной автоматизации и роботизации основных технологических процессов и в разработке комплексного критерия оптимизации , а также в разработке методики комплексной оптимизации параметров технологий проведения горных выработок, отличающейся комплексным учётом влияния динамической и вероятностной природы технологических процессов.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением апробированных классических методов имитационного моделирования, теории вероятностей, математической статистики и методов оптимизации сложных систем, а также удовлетворительной сходимостью результатов имитационного моделирования с практическими данными по проходке вентиляционного штрека на шахте «Чертинская-Коксовая».

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическое значение работы заключается в развитии неклассических методов оптимизации параметров типовых технологий проведения горных выработок комбайновым и буровзрывным способами при комплексном учёте влияния динамики и вероятностной природы технологических процессов

Практическая значимость работы заключается в обосновании оптимального назначения автоматизации и роботизации в основные технологические процессы типовых технологий проведения горных выработок без постоянного присутствия людей в забоях, с целью повышения безопасности и эффективности горных работ.

Оценка содержания диссертации и степени ее завершенности

В первой главе изучено состояние вопроса по поставленной задаче. Сделан вывод, что автоматизация и роботизация процессов проходческого цикла позволяют передать машинам функционал, выполняемый горнорабочими в забое, и уменьшить вероятность травм. Для уменьшения инвестиционных рисков при автоматизации и роботизации необходима оценка результата, что требует разработки методик рационального выбора параметров горнотехнических систем. Литературный анализ показал, что современные методы принятия решений по выбору рациональных параметров проходческих работ при их автоматизации и роботизации не позволяют комплексно учитывать варианты сочетаний горнотехнических и экономических параметров, комплектацию горных машин, возможность их автоматизации и роботизации, динамику горных работ и их вероятностную природу, что делает задачу оптимизации параметров технологий проведения горных выработок трудноформализуемой. Прецеденты автоматизации и роботизации технологий проведения горных вы-

работок единичны и зачастую ограничиваются дистанционным управлением горными машинами. По результатам первой главы обоснована актуальность работы, сформулированы цель, идея, задачи исследования.

Во второй главе приведено решение задачи поиска множества нетрадиционных вариантов модернизации типовых технологий проведения горных выработок посредством автоматизации и роботизации. Для решения поставленной задачи применен системно-функциональный подход, заключающийся в том, что для каждого технологического процесса выделены операции, участвующие в его информационном обеспечении: «сканирование поверхности горной выработки», «распознавание объектов в выработке», «позиционирование горной машины», «управление перемещением горной машины», «наведение исполнительных органов горной машины». Исследована совместимость различных вариантов автоматизации и роботизации технологических операций, позволяющая корректно их комбинировать. Выделены пять возможных и достаточных уровней автоматизации и роботизации процессов проходческого цикла.

В третьей главе приведено решение задачи разработки комплексного критерия оптимизации параметров типовых комбайновых и буровзрывных технологий проведения горных выработок, учитывающий влияние автоматизации и роботизации на безопасность и эффективность работ, а также динамику и вероятностную природу технологических процессов.

Обычно при оценке эффективности технологий проведения горных выработок не учитывают время нахождения горнорабочих в опасной зоне забоя, варианты частичной автоматизации технологических процессов. Также ввиду сложности задачи не учитывается многовариантность ведения проходческих работ, динамика взаимодействия горных машин, вероятностный характер выполнения технологических операций. Это затрудняет нахождение оптимальных параметров проходческих работ.

Для учёта безопасности горнорабочих при ведении проходческих работ предложен комплексный критерий оптимизации с показателями: удельное время ведения

проходческих работ,, удельная стоимость ведения проходческих работ, среднее хронологическое число горнорабочих в забое. Доказано, что для сведения данных скалярных показателей в один критерий достаточно использовать квадратичную нелинейную свёртку по Парето. Для возможности использования в одном критерии показателей, имеющих различные размерности и масштабы, предложено нормирование – деление значений показателей на нормирующий делитель – среднее значение между минимальным и максимальным значением каждого показателя при заданных горнотехнических условиях.

В четвертой главе приведено решение задачи разработки методики комплексной эволюционной оптимизации параметров типовых комбайновых и буровзрывных технологий проведения горных выработок с элементами автоматизации и роботизации на разных уровнях, при учёте динамики и вероятностной природы технологических процессов. Обоснованная многовариантность ведения проходческих работ требует применения методов оптимизации, исключающих полный перебор возможных вариантов. Аналитические методы оптимизации требуют явно заданной математической зависимости, которую при решении многомерных оптимизационных задач с множеством локальных оптимумов получить трудно, а зачастую невозможно. При использовании генетического алгоритма оптимизации достаточно определить функцию полезности системы с помощью имитационного моделирования. Исходя из этого, для решения задачи оптимизации параметров технологий проведения горных выработок при автоматизации и роботизации их основных технологических процессов разработана методика, состоящая из шести этапов.

Основные положения диссертации реализованы автором в «Методике оптимизации параметров геотехнологий проведения горных выработок с элементами автоматизации и роботизации» и опубликованы в 14 научных статьях, в том числе 2 статьи в изданиях, рекоменданных ВАК РФ.

На основании объема опубликованных работ и апробации диссертации следует сделать вывод о достаточной степени ее завершенности.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Достоинства и недостатки диссертации

К достоинствам диссертации следует отнести:

- значительный обзор и подробный анализ существующих методов оптимизации и автоматизации горных работ,
- разработка базы данных отечественно и зарубежной горнопроходческой техники,
- постановка и решение задачи оптимизации проходческих работ методом имитационного моделирования с учетом элементов автоматизации и роботизации технологических процессов,
- практическая значимость работы, подтвержденная справкой об использовании результатов на шахте «Чертинская-Коксовая», а также справками о практической значимости методики из Кемеровского филиала ВНИМИ и АО НЦ ВостНИИ.

Недостатки диссертации приведены в следующих замечаниях.

Замечания по диссертации

1. Во второй главе на с.57 автором предлагается пять уровней автоматизации и роботизации проходческих работ, но первый уровень на с. 58 характеризуется полным отсутствием автоматизации, в этом случае следует говорить только о четырех уровнях автоматизации,
2. Во втором научном положении в автореферате не расшифровывается параметр K и, соответственно, становится непонятным ограничение: $0 < K < 2\sqrt{3}$, кроме того следует здесь же заметить, что не существует никакого противоречия между количеством горнорабочих в проходческом забое, удельным временем и себестоимостью проходческих работ, так как в стоимость проходческих работ входит зарплата горнорабочих, зависящая от их количества, и затраты, связанные с временем проходческих циклов, поэтому более правильно, на мой взгляд, вместо некоторого условного комплексного критерия оптимизации использовать в данном случае минимум себестоимости проходческих работ как функцию от влияющих горно-геологических и горнотехнических параметров проходки горных выработок ,

3. Постановка задачи и оптимизация параметров проходческих работ в виде многофакторной модели по Парето является искусственной и весьма условной, во-первых, потому, что здесь используются только три фактора (количество горнорабочих, время и стоимость проходческих работ) и в модели нет необходимых весовых коэффициентов этих факторов, во-вторых, третий фактор- себестоимость проходческих работ-является функцией от первых двух факторов (времени проходческого цикла и количества горнорабочих и их зарплаты). Поэтому нет необходимости минимизировать одновременно все три фактора, да еще приводить их к условному, нормированному и квадратичному виду, а достаточно формализовать и минимизировать себестоимость горнопроходческих работ как функцию от первых двух факторов,
4. Целевые функции (6-12) на с. 68-69 диссертации в явном виде не формализованы, а представлены как функции от перечня зависимых и независимых параметров проходки выработок, что не позволяет проверить адекватность математической модели,
5. Из диссертации неясно, откуда берутся исходные данные для решения задачи оптимизации проходческих работ с учетом их автоматизации и роботизации, так как в настоящее время на шахтах автоматизация проходки ведется лишь частично, в виде дистанционного управления проходческим комбайном, а роботизации нет и в помине,

Заключение

Диссертация Николаева Петра Игоревича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи выбора оптимальных параметров типовых комбайновых и буровзрывных технологий проведения горизонтальных и наклонных горных выработок с частичной и полной автоматизацией и роботизацией технологических процессов, имеющей существенное значение для развития угольной отрасли страны.

Диссертация и автореферат соответствуют 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, Николаев Петр Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая, строительная)».

Официальный оппонент,

главный научный сотрудник лаборатории подземной разработки угольных месторождений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, доктор технических наук

Ордин А.А.

Персональные данные Ордина А.А.:

630091, Новосибирск, Красный пр., 54, тел. 8-913-910-5717, e-mail: ordin@misd.ru

Я, Ордин Александр Александрович, автор отзыва, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«01» февраля 2022 г.

(подпись)

Подпись официального оппонента, доктора технических наук удостоверяю:
Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, к.т.н.



Коваленко К.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, 630091, Новосибирск, Красный пр., 54, e-mail: gora@misd.ru, www.misd.ru