

## АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание ученой степени  
доктора философии (PhD) 6D070700 – Горное дело

**Токтаров Аян Аскарлович**

### **РАЗВИТИЕ ГОРНОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ С ПОНИЖЕНИЕМ ГОРНЫХ РАБОТ**

**Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы.**

На современном этапе развития открытой геотехнологии продолжается совершенствование горнотранспортной техники, связанное с увеличением единичной мощности карьерных экскаваторов (с емкостью ковша до 40-50 м<sup>3</sup>), автосамосвалов (грузоподъемностью до 300 т и выше), крутонаклонных конвейеров (угол подъема до 50°), вместе с тем достижения в области взрывной технологии (применение новых типов взрывчатых веществ и схем взрывания), геомеханики (обоснование перехода на более крутые углы наклона бортов карьера, укрепление откосов уступов, мониторинг приконтурного массива), гидрогеологии (осушение карьеров) и многого другого позволят создавать крупные сверхглубокие карьеры нового поколения.

Все это приводит к тому, что уже сейчас имеются карьеры глубиной 450-500 м (за рубежом уже до 700-800 м, большей частью нагорные) и существует реальная возможность увеличения их глубины до 650-800 м. При этом возникают новые проблемы, среди которых одной из ключевых является проблема обеспечения грузотранспортной связи карьерного пространства с производственным комплексом на поверхности.

Решение проблемы транспортирования горной массы напрямую связано с повышением производительности карьера и снижением себестоимости добываемого полезного ископаемого. Увеличение глубины карьера предполагает изменение схем транспортирования. Современная тенденция указывает на целесообразность перехода от циклических к циклично-поточным технологиям (ЦПТ), обеспечивающим лучшие экономические показатели на больших глубинах. На многих железорудных карьерах Евразии широкое применение получил комбинированный автомобильно-железнодорожный вид транспорта. В дальнем зарубежье на нагорных карьерах в основном используется автомобильный транспорт, а на равнинной местности в глубоких карьерах изучается целесообразность перехода на автомобильно-конвейерный транспорт с использованием крутонаклонных конвейеров.

Решению проблем эффективного применения ЦПТ на железорудных глубоких карьерах посвящено достаточно много работ. Это еще раз подчеркивает стратегическое направление ЦПТ в развитии геотехнологии и геотехники.

Основополагающие принципы эффективного развития технологии открытых горных работ с применением различных видов транспорта, развитие теоретических и практических основ выбора и обоснования рациональных вариантов вскрытия глубоких горизонтов карьеров с применением циклично-поточной технологии нашли отражение в работах следующих советских, отечественных, российских и украинских ученых: академиком АН СССР Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, академиком РАН К.Н. Трубецкого, Н.Н. Мельникова, академиком НАН РК Б.Р. Ракишева, Н.С. Буктукова, академиком ГНУ А.Ю. Дриженко, М.С. Четверик, академика НАГН РК С.К. Молдабаева, член-корр. АН СССР А.О. Спиваковского, член-корр. РАН В.Л. Яковлева, проф. М.В. Васильева, В.А. Галкина, М.Г. Новожилова, В.С. Хохрякова, М.Г. Потапова, П.П. Бастана, Т.И. Томакова, К.Е. Винницкого, В.П. Смирнова, А.Н. Шилина, А.А. Кулешова и других.

#### **Актуальность темы.**

Мировая практика показывает, что без перехода на циклично-поточную технологию в глубоких карьерах затруднительно конкурировать на рынке минерального сырья. Отечественные железорудные карьеры достигли критических глубин, на которых нецелесообразно использовать только железнодорожный, автомобильный транспорт и их комбинации. Увеличение расстояния транспортирования автосамосвалами повышает эксплуатационные затраты в геометрической прогрессии.

Опыт работы отечественных карьеров и результаты анализа перспектив технического прогресса дают возможность с достаточной уверенностью утверждать, что в ближайшие 10-15 лет транспортные системы глубоких карьеров будут формироваться на основе трех видов транспорта: автомобильного, железнодорожного и конвейерного, а также их комбинаций.

Широко распространенный в практике обоснования проектных решений метод вариантов позволяет на некоторый расчетный момент определить капитальные и эксплуатационные затраты и оценить сравниваемые технологические схемы транспорта в целом. Однако специфика разработки карьеров глубинного типа состоит в том, что горнотехнические условия эксплуатации значительно отличаются для различных рабочих горизонтов в один и тот же момент времени и изменяются по мере понижения горных работ. В связи с этим эффективность той или иной схемы транспорта может быть оценена только с учетом дифференциации затрат на перевозку горной массы различными видами транспорта в зависимости от объемов, дальности транспортирования и высоты подъема груза как главных факторов, формирующих себестоимость перевозок и закономерности ее изменения по мере обработки карьера.

Следует также учесть, что технико-экономические показатели разработки для каждого конкретного месторождения могут значительно различаться. Поэтому исследования по оптимизации зоны применения различных видов транспорта в глубоких и сверхглубоких карьерах особенно актуальны в настоящее время. От этого зависит экономическая целесообразность инвестиций при переходе горных работ на глубокие горизонты.

### **Цель исследования.**

Цель диссертационного исследования состоит в развитии горнотранспортной системы железорудных карьеров с понижением горных работ на основе установления границ эффективного применения звеньев схем комбинированного транспорта с использованием крутонаклонного конвейера для уменьшения себестоимости транспортирования горной массы.

**Объект исследования** – комбинированные горнотранспортные системы глубоких карьеров.

**Предмет исследования** – изменение параметров схем комбинированного карьерного транспорта с понижением горных работ.

**Задачи исследования, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом.**

В соответствии с поставленной целью в диссертации сформулированы и решены основные задачи:

1. Изучение, анализ и систематизация внутрикарьерных средств транспорта при циклично-поточной технологии для выбора оптимальной стратегии формирования горнотранспортной системы глубоких карьеров;

2. Разработка оптимизационной динамической экономико-математической модели для обоснования целесообразности использования крутонаклонных конвейеров в составе комбинированной автомобильно-конвейерно-железнодорожной схеме транспортирования на глубоких железорудных карьерах;

3. Разработка алгоритма расчета и на его основе экономико-математической модели установления оптимальной глубины ввода железнодорожного и конвейерного транспорта при переходе на комбинированную автомобильно-конвейерно-железнодорожную схему транспортирования для сверхглубоких железорудных карьеров.

### **Методы исследования.**

Для достижения цели и решения поставленных диссертационных задач использованы как традиционные, так и современные методы научного исследования. К традиционным методам относятся: анализ научно-патентной литературы, систематизация, классификация, описание, сравнение, применение инженерных формул и научных фактов, эвристические модели, планирование вычислительных экспериментов и обработка экспериментальных данных. При построении алгоритма расчета, в частности, были применены метод абстрагирования и аналитический для выделения параметров, наиболее существенно влияющих на величину глубины ввода схем циклично-поточной технологии. Разработанный алгоритм был применен при формировании экономико-математической модели оптимизации параметров транспортной системы при доработке Качарского железорудного карьера.

### **Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Выбор оптимальной стратегии формирования горнотранспортной системы глубоких карьеров достигается на основе динамической экономико-математической модели, включающей с позиции системного подхода взаимосвязи параметров карьерного транспорта с изменяющимися в процессе эксплуатации горнотехническими условиями и параметрами карьера;

2. В условиях открытой разработки железорудных месторождений с мощной толщей покрывающих плотных пород (до 160 м) эффективность функционирования горнотранспортной системы с глубины 300-350 м обеспечивается при переходе на комбинированный автомобильно-конвейерно-железнодорожный вид транспорта с использованием крутонаклонных конвейеров с высотой подъема руды до 315 м, а пород скальной вскрыши – до 270 м;

3. Для условий сверхглубоких железорудных карьеров, на примере Качарского, на основе экономико-математической модели установлены границы эффективного применения по глубине видов внутрикарьерного транспорта: оптимальная глубина ввода железнодорожного транспорта при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте ограничивается 149 м, а конвейерного подъемника при комбинированном автомобильно-конвейерно-железнодорожном транспорте с использованием крутонаклонных конвейеров – 344 м.

#### **Научная новизна:**

1. В разрезе развития теории комплектации внутрикарьерных средств транспорта при циклично-поточной технологии составлены:

- систематизация транспортных средств, отличительными признаками которой являются характер работы во времени, способ перемещения грузов, радиус поворота, годовой объем перевозок, рациональные расстояние транспортирования и глубина подъема груза из карьера, максимальный размер транспортируемого куска породы и основные требуемые характеристики и параметры;

- систематизация подъемно-транспортного оборудования комплексов ЦПТ для использования на крутых бортах глубоких карьеров, в которой приведены виды и типы оборудования, конструктивные параметры, потребляемая мощность, производительность, условия применения, заводы-изготовители, сочетание с оборудованием смежных процессов;

2. Разработана динамическая экономико-математическая модель установления границ эффективного применения крутонаклонных конвейеров при комбинированном автомобильно-конвейерно-железнодорожном виде транспорта, позволяющая определить срок их окупаемости и приведенную прибыль за счет уменьшения транспортных затрат.

3. Разработана экономико-математическая модель оптимизации глубины ввода железнодорожного и конвейерного транспорта, позволяющая установить границы их эффективного применения, при переходе на комбинированную автомобильно-конвейерно-железнодорожную схему транспортирования для сверхглубоких железорудных карьеров.

#### **Практическая значимость работы.**

Методы и последовательность выполнения исследований, а также разработанный алгоритм можно применять при выполнении аналогичных работ для других месторождений твердых полезных ископаемых, обрабатываемых открытым способом, что подтверждается Актом приемки для внедрения в проект ТОО Проектной компанией «Антал» результатов диссертационной работы, как научно-обоснованных положений для проектирования схем

комбинированного транспорта при разработке крутопадающих месторождений Республики Казахстан.

#### **Личный вклад автора.**

Диссертация является самостоятельным завершенным научным трудом. Все теоретические и практические результаты, выносимые на защиту, получены автором самостоятельно и опубликованы в профессиональных изданиях. Поиск и анализ литературных источников по тематике диссертационного исследования, разработка компьютерных, эвристических и аналитических моделей, экономическая оценка предлагаемой технологии выполнена автором лично.

#### **Публикации и апробация работы.**

По теме диссертации опубликовано 11 научных статей:

- 2 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science – «Mining of Mineral Deposits» CiteScore=2.2, Процентиль (Geotechnical Engineering and Engineering Geology) – 50-й; и «Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu» CiteScore=1.9, Процентиль (Geotechnical Engineering and Engineering Geology) – 45-й;

- 3 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан;

- 1 доклад и 2 публикации в отечественных научно-практических конференциях;

- 1 доклад на международной конференции дальнего зарубежья MPES-2017 (Lulea, Швеция) и 2 публикации в сборниках международных конференций SGEM, индексируемых в Scopus.

**Основные результаты диссертационного исследования** заключаются в следующем:

1. Выполнены систематизация транспортных средств и подъемно-транспортного оборудования комплексов ЦПТ для использования на крутых бортах глубоких карьеров. Произведен выбор, комплектация и обоснование комплексов циклично-поточной технологии для условий Качарского карьера;

2. Разработан и апробирован на примере Качарского карьера алгоритм оптимизации по глубине зон эксплуатации сверху вниз железнодорожного транспорта, автомобильного транспорта на подъем с перегрузкой горной массы в железнодорожный транспорт, а также на спуск и подъем с перегрузкой горной массы на конвейерный подъемник;

3. Доказано, что переход с комбинированного автомобильно-железнодорожного на комбинированный автомобильно-конвейерно-железнодорожный вид транспорта экономически целесообразен и позволит расширить границы эффективного применения открытого способа разработки железорудных месторождений.

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 142 страниц машинописного текста, 18 таблиц, 33 рисунка, список литературы, включающий 95 наименований и 3 приложения.