Taraqqiyot spektri
ILMIY JURNALI
Vol 2 № 6 2026

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ: АНАЛИЗ ПРОСТОЕВ ОБОРУДОВАНИЯ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

М.Ф.Файзиллаев

АО «НГМК», Центральное проектное бюро (Республика Узбекистан)

М.А.Идрисов

АО «НГМК», Центральное проектное бюро (Республика Узбекистан)

Ш.Ш.Хайруллоев

Алмалыкский филиал НИТУ «МИСИС», 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

(khairulloev.ss@misis.uz)

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ производственных показателей крупного горнодобывающего предприятия на примере рудника открытого типа. Исследованы основные технологические и логистические факторы, снижающие эффективность выемочно-погрузочных, транспортных и подготовительных процессов, в том числе техническое состояние парка горно-транспортного оборудования, обеспеченность запасными частями и состояние карьерных автодорог. Особое внимание уделено анализу буровзрывных работ (БВР) в сложных горно-геологических условиях. Установлено, что при формальном перевыполнении количественных планов по метражу бурения и объёму взорванной горной массы возникают существенные скрытые издержки. Выявлена и количественно интерпретирована проблема перерасхода средств инициирования при

Taraqqiyot spektri

переходе на сгущённые сетки бурения скважинами малого диаметра. Обоснована необходимость внедрения специализированных программных комплексов для расчёта параметров скважинных зарядов с учётом естественной трещиноватости и физико-механических свойств горного массива. Сформулированы направления дальнейших исследований, ориентированные на создание математической модели управления параметрами БВР.

Ключевые слова: открытые горные работы, экскавация, простои оборудования, буровзрывные работы, средства инициирования, трещиноватость массива, удельный расход взрывчатых веществ, программное обеспечение, расчёт зарядов.

1. Введение

Эффективность функционирования современных горнодобывающих предприятий напрямую зависит от бесперебойной работы выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, а также от качества подготовки горной массы к выемке. Открытый способ разработки месторождений, обеспечивающий основной объём добычи рудного и нерудного сырья, характеризуется высокой капиталоёмкостью и значительной долей затрат, приходящихся на буровзрывные работы (БВР) и транспортирование горной массы. В структуре эксплуатационных расходов карьера именно эти два передела формируют решающую часть себестоимости конечной продукции, в связи с чем даже незначительное относительное улучшение их показателей даёт ощутимый экономический эффект в абсолютном выражении.

В условиях постепенного перехода горных работ на более глубокие горизонты и вовлечения в отработку сложноструктурных блоков с переменной трещиноватостью и неоднородными физико-механическими свойствами массива возрастают требования к точности проектирования параметров взрыва и к

Taraqqiyot spektri

надёжности горно-транспортного комплекса. Практика показывает, что значительная часть потерь производительности обусловлена не недостатком производственных мощностей как таковых, а организационно-техническими факторами: дефицитом запасных частей, неудовлетворительным состоянием вспомогательной техники и автодорог, а также применением экстенсивных, недостаточно обоснованных технологических решений при ведении БВР.

Целью настоящего исследования является выявление ключевых логистических и технологических проблем производственного цикла на крупном карьере, количественная и качественная оценка их влияния на эффективность горных работ, а также разработка научно обоснованных направлений их решения. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: анализ выполнения планов выемочно-погрузочных работ собственными силами предприятия и подрядными организациями; классификация и оценка структуры простоев экскаваторного, бурового и вспомогательного оборудования; анализ состояния буровзрывных работ с выявлением причин перерасхода средств инициирования; обоснование путей оптимизации параметров скважинных зарядов.

2. Материалы и методы исследования

Базой для исследования послужили агрегированные данные технических отчётов по ведению горных работ на крупном горнодобывающем предприятии и его смежных участках за контрольный период. Массив исходных данных включал показатели выемки и транспортирования горной массы, сведения о наработке и простоях основного и вспомогательного оборудования, объёмы бурения и взрывания, а также данные о расходе компонентов взрывчатых материалов и средств инициирования.

В ходе работы применялся комплекс взаимодополняющих методов. Методы статистического анализа эксплуатационных показателей использовались для оценки

Taraqqiyot spektri

степени выполнения плановых заданий и выявления систематических отклонений. Классификация простоев техники по характеру и причинам возникновения (отказы механической части, ожидание запасных частей, организационные простои, простои по горнотехническим условиям) позволила установить доминирующие факторы потерь рабочего времени. Анализ удельного расхода компонентов взрывчатых материалов и средств инициирования на единицу взорванной горной массы применялся для оценки эффективности принятых параметров буровзрывных работ и выявления скрытых издержек [1]. Сопоставление количественных и качественных показателей дало возможность отделить формальное выполнение плана от фактической технологической эффективности.

3. Результаты исследования

3.1. Анализ работы выемочно-погрузочного и транспортного комплексов

Анализ выполнения плана горных работ выявил ряд существенных диспропорций, связанных как с логистикой снабжения, так и с распределением задач между основным предприятием и аутсорсинговыми компаниями. Выполнение планов по выемке горной массы силами самого предприятия зачастую превышает нормативные показатели, что свидетельствует о наличии резервов производительности при условии надлежащего технического обеспечения. Однако общая картина существенно ухудшается из-за систематического невыполнения плановых объёмов подрядными организациями, привлекаемыми к вскрышным и добычным работам.

Зафиксированы длительные потери рабочего времени крупнотоннажных экскаваторов. Основной причиной масштабных простоев является дефицит запасных частей — в частности, главных насосов гидросистем и механизмов поворота, относящихся к числу наиболее ответственных и дорогостоящих узлов. Длительное ожидание комплектующих переводит локальный отказ отдельной машины в

Taraqqiyot spektri

системную проблему снижения провозной и выемочной способности всего участка, поскольку выбытие даже одной единицы тяжёлого оборудования не компенсируется перераспределением нагрузки на оставшийся парк.

Выявлена системная проблема в работе дорожно-строительной техники: коэффициент отработки гусеничных и колёсных бульдозеров, а также автогрейдеров находится на критически низком уровне. Дефицит вспомогательной техники и её неудовлетворительное техническое состояние не позволяют поддерживать качественное состояние карьерных автодорог и нормальные подъезды к экскаваторам. Это приводит к падению скорости движения автосамосвалов, снижению их цикличной выработки и возникновению критических нагрузок на ходовые механизмы на труднопроходимых участках [2]. Таким образом, формируется устойчивая причинно-следственная цепь: недостаток вспомогательной техники → ухудшение состояния автодорог → снижение производительности транспорта → рост удельных затрат на перевозку и ускоренный износ автосамосвалов.

3.2. Состояние буровзрывных работ

Процессы подготовки горной массы к выемке зачастую демонстрируют перевыполнение количественных планов по метражу скважин и объёму взорванной массы, однако качественный анализ вскрывает серьёзные скрытые издержки. Простои буровых станков составляют существенную долю рабочего времени, причём доминирующими факторами являются отказы механической части и длительное ожидание комплектующих, что согласуется с общей картиной обеспеченности предприятия запасными частями.

В цехах по производству эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) фиксируются задержки в работе смесительно-зарядных машин, обусловленные неисправностями базовых шасси и дефицитом профильного персонала. Перебои в

Taraqqiyot spektri

зарядке скважин нарушают ритмичность ведения взрывных работ и удлиняют цикл подготовки блоков, что косвенно отражается на загрузке экскаваторного парка.

Наиболее значимым с точки зрения себестоимости результатом анализа является кратный перерасход неэлектрических систем инициирования по сравнению с базовыми нормативами. Установлено, что данный перерасход обусловлен ведением горных работ на рабочих площадках со сложными контурами и вынужденным сокращением шага буровой сетки. Переход на сгущённые сетки бурения со скважинами малого диаметра закономерно ведёт к резкому увеличению количества скважин, а следовательно, и точек инициирования, приходящихся на единицу взорванной горной массы [3]. Поскольку каждая скважина требует индивидуального средства инициирования, удельный расход последних возрастает обратно пропорционально площади сетки, что при экстенсивном подходе формирует устойчивый и плохо контролируемый рост затрат.

3.3. Обсуждение и пути оптимизации

Сопоставление выявленных проблем показывает, что они имеют разную природу и требуют дифференцированных решений. Проблемы выемочно-погрузочного и транспортного комплексов носят преимущественно организационно-логистический характер и устраняются совершенствованием системы снабжения запасными частями, нормированием парка вспомогательной техники и регламентным содержанием карьерных автодорог. Проблема же перерасхода средств инициирования в сфере БВР является технологической и не может быть решена исключительно организационными мерами.

Ключ к её решению лежит в отказе от унифицированной (экстенсивной) сетки бурения в пользу дифференцированного проектирования параметров скважинных зарядов с учётом естественной трещиноватости и физико-механических свойств конкретного блока. Природная нарушенность массива — система трещин, их

Taraqqiyot spektri

ориентировка, раскрытие и густота — существенно влияет на распространение энергии взрыва и качество дробления. На участках с повышенной трещиноватостью часть работы по разрушению уже выполнена природой, что позволяет обоснованно разрежать сетку бурения без потери качества дробления и тем самым сокращать число точек инициирования. Реализация такого подхода требует перехода от эмпирического назначения параметров к их расчёту на основе количественных характеристик массива, что практически достижимо лишь при использовании специализированного программного обеспечения, интегрирующего данные о трещиноватости, свойствах пород и характеристиках применяемых взрывчатых веществ.

4. Заключение

Ретроспективный анализ функционирования крупного горнодобывающего предприятия выявил критическую зависимость общей производительности от логистики запасных частей и качества обслуживания карьерных автодорог. Установлено, что значительная часть потерь рабочего времени экскаваторного, бурового и вспомогательного оборудования обусловлена не дефицитом производственных мощностей, а организационно-техническими факторами, в первую очередь длительным ожиданием комплектующих.

В сфере буровзрывных работ обозначена системная проблема перерасхода средств инициирования при отработке сложноструктурных блоков по экстенсивной методике с применением сгущённых сеток бурения. Показано, что формальное перевыполнение количественных планов сопровождается ростом скрытых удельных издержек, не отражаемых традиционными показателями выполнения плана.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание математической модели и разработку алгоритма для расчёта параметров зарядов взрывчатых веществ с учётом физико-механических свойств и естественной

Taraqqiyot spektri

трещиноватости горного массива, а также на их программную реализацию. Это создаст научную базу для безопасного, ресурсосберегающего и экономически эффективного ведения открытых горных работ.

Список литературы:

1. Совершенствование процессов открытой разработки сложноструктурных месторождений эндогенного происхождения / под ред. члена Академии горных наук России Н.И. Кучерского. — Ташкент: Фан, 1998.
2. Насиров У.Ф. и др. Управление параметрами энергии взрыва для обеспечения интенсивного дробления горных пород на карьерах // Горные науки и технологии. — 2022. — Т. 7, № 2. — С. 137–149.
3. Богацкий В.Ф., Фридман А.Г. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредного действия промышленных взрывов. — Москва: Недра, 1982. — С. 20–46.

Taraqqiyot spektri