

Разработка предложений по совершенствованию циклично-поточной технологии для месторождения «Бозшаколь»

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-2-58-64>

ЗАМАЛИЕВ Н.М.

Доктор PhD кафедры
«Разработка месторождений
полезных ископаемых»
Карагандинского технического
университета имени Абылкаса Сагинова,
100029, Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: nailzamaliev@mail.ru

ЖАЛБЫРОВ Ж.Д.

Докторант кафедры
«Разработка месторождений
полезных ископаемых»
Карагандинского технического
университета имени Абылкаса Сагинова,
100029, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: zhanibek_zhalbyrov@mail.ru

ВАЛИЕВ Н.Г.

Доктор техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой «Горное дело»
Уральского государственного
горного университета,
620144, г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: Niyaz.Valiyev@t.ursmu.ru

АХМАТНУРОВ Д.Р.

Доктор PhD кафедры
«Разработка месторождений
полезных ископаемых»
Карагандинского технического
университета имени Абылкаса Сагинова,
100029, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: d.akhmatnurov@gmail.com

ЖАНСЕЙТОВ А.Т.

Магистр наук,
Академия государственного управления
при Президенте Республики Казахстан,
100029, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: a.zhanseitov@apa.kz

Целью работы являлась оценка влияния угла установки подъемника (УУП) конвейера на объемы горных и подготовительных работ в карьерах при циклично-поточной технологии (ЦПТ) добычи руды. Использование численного моделирования в сочетании с методами мониторинга было основным методом исследования. Также на основании сейсмологических и геологических данных были проведены расчеты точек деформации. Проведена экометрика рациональности использования наклонного конвейера с указанием доли затрат, энергетической выгоды, а также перспективности дальнейшего применения ЦПТ. Рассмотрены особенности влияния угла установки подъемника конвейера на объемы горных и подготовительных работ в карьерах при циклично-поточной технологии добычи руды, обоснованы рентабельность применения данной технологии, экологичность и экономичность использования конвейеров при ЦПТ, а также влияние УУП на объемы добычи и работоспособность конвейеров. Результаты исследований могут быть использованы как горнодобывающими организациями, так и в рамках более глубоких исследований в области добычи руды.

Ключевые слова: карьер, циклично-поточная технология.

Для цитирования: Разработка предложений по совершенствованию циклично-поточной технологии для месторождения «Бозшаколь» / Н.М. Замалиев, Ж.Д. Жалбыров, Н.Г. Валиев и др. // Уголь. 2024. № 2. С. 58-64. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-58-64.

ВВЕДЕНИЕ

Особенностями открытых горных работ являются рост глубины карьеров с низким содержанием руды и высокой производительностью и, следовательно, расстояния транспортирования. Эти обстоятельства определяют направления развития технологического транспорта.

Одним из путей повышения экономичности работы глубоких карьеров с низким содержанием руды и высокой производительностью является применение циклично-поточной технологии (ЦПТ). Переход в условиях глубоких карьеров со скальными породами от циклической к ЦПТ горных работ обоснован работами Н.В. Мельникова, М.Г. Новожилова, Б.Н. Тартаковского, М.В. Васильева и др.

В настоящее время на ЦПТ перешли крупные горнорудные карьеры в США, Чили, Папуа-Новой Гвинее, Канаде, ЮАР, России, Казахстане, Узбекистане. Вместе с тем не на всех карьерах удалось добиться полного освоения введенных мощностей. Так, по карьерам Казахстана ожидалось увеличение производительности в 1,5-2 раза, фактически прирост составил 10-17%, а себестоимость добычи руды возросла

со 150 до 160 дол. США/т. В настоящее время можно услышать диаметрально противоположные оценки применения ЦПТ. Например, Актогайский ГОК положительно оценивает ЦПТ и строит новые мощности, а Бозшакольский ГОК демонтировал конвейерную линию. Столь противоположные оценки и подходы, скорее всего, стали следствием непредвиденных и неучтенных на стадии проектирования и строительства технологических, технических и организационных особенностей ЦПТ.

Одна из важнейших причин – недостаточно учитывается вероятностный характер функционирования комплексов ЦПТ. Поэтому при дальнейшем совершенствовании ЦПТ необходимо увеличить ее адаптационную способность к изменяющимся условиям разработки. Наиболее перспективным для глубоких карьеров является применение в схемах ЦПТ передвижных и самоходных дробильных установок, крутонаклонных конвейеров.

Опыт, накопленный в этой области на открытых горных работах, дает основания для широкого применения точного вида транспорта.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В ближайшей перспективе более распространенным направлением развития мировой горной промышленности считается открытый способ разработки месторождений. В России открытым способом добывается 91% железных руд, более 70% руд цветных металлов, более 60% угля [1]. Стоимость транспортирования горной массы занимает большую часть общей стоимости добычи [2, 3].

Применение циклично-поточной технологии в рациональных условиях позволяет заметно сократить затраты на транспортирование горной массы в сравнении с наиболее широко используемым автомобильным транспортом [4, 5, 6], однако технология имеет особенности и ограничения, в частности большой объем капитальных затрат. Поэтому, несмотря на значительные преимущества, технология пока ограниченно применяется на горнодобывающих предприятиях. Тем не менее в последние годы вновь возросло количество реализуемых проектов на отечественных карьерах.

Одним из современных примеров применения ЦПТ с традиционным ленточным конвейером на карьерах Республики Казахстан служит месторождение Бозшаколь. Горная масса из забоев транспортируется автосамосвалами на дробильно-перегрузочный пункт (ДПП), расположенный на борту карьера. Дробление осуществляется в гидрационной дробилке, затем руда через бункер подается питателями на передаточный и далее на магистральный ленточный конвейер, доставляющий дробленую руду на склад. Длина ленточного конвейера, расположенного в крытой галерее, составляет 1500 м.

Восточный карьер расположен в северо-восточной части штокерковой зоны месторождения, на восточном склоне, где залегают андезиты и андезитовые

туфы. Карьер имеет своеобразный геоморфологический рисунок – остаточная бугристая полосчатая равнина с общей тенденцией к пологой местности. Стратиграфия моноклиальная в направлении северо-восток-восток и наклоне на юго-восток, с залеганием по падению от 4° до 15°, а общая поверхность шахты представляет собой простую моноклиальную структуру, которая полого залегает с небольшим изменением ориентации или наклона. Боковые откосы разреза «Восточный Бозшаколь» сложены в основном мягкими породами и подвержены значительному влиянию факторов окружающей среды, таких как выветривание и дезинтеграция. По данным выполненного бурения, длина простирания в настоящий момент составляет приблизительно 550–600 м. Данная штокерковая зона остается открытой в восточно-северо-восточном направлении (рис. 1).

Проект разработки месторождения «Бозшаколь» является крупномасштабным и нацелен на долгосрочное производство и поставку медного концентрата как на внутренний, так и на международный рынки. Срок разработки месторождения открытым способом составляет 43 года с общим количеством добываемой руды 1,1 млрд т и вскрыши 741 млн т.

Поэтому, основываясь на технологии разработки откосов, разработанной на основе теории уклонов, зависящих от времени, в этом исследовании выдвигается схема экономики энергозатрат и сокращения потерь, которая объединяет концепцию экологичной добычи ресурсов.

Методика определения уровня влияния угла установки подъемника конвейера на объемы горных работ включает: учет качества руды, скорость продвижения фронта выемки, скорость заглужения карьера при проведении горных работ, общую протяженность фронта выемки, а также углы откосов рабочего и нерабочего карьера.

Использование численного моделирования в сочетании с методами мониторинга было основным методом исследования влияния угла установки подъемника конвейера на объемы горных и подготовительных работ в карьерах месторождения «Бозшаколь». Уклон сопровождается карьером от начала до конца, далее увеличивается глубина карьера, после чего увеличивается и высота его откоса, а также возрастает риск возникновения оползней и

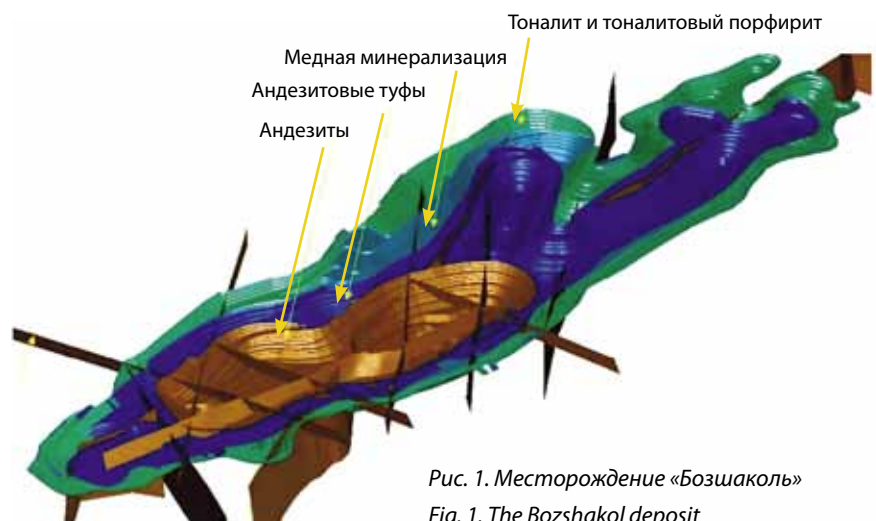


Рис. 1. Месторождение «Бозшаколь»

Fig. 1. The Boshshakol deposit

других неустойчивостей. При этом угроза увеличивается с каждым годом.

Следовательно, на данном этапе горных работ необходимо развивать систему мониторинга работ, которые будут основываться на эконометрических показателях рентабельности выбора того или другого оборудования.

Так, минимальные полевые работы сопровождаются вывозкой значительных объемов добытой породы. Здесь затраты на транспортировку составляют 70% и выше от общих затрат при добыче открытым способом. Ввод в эксплуатацию энергоэффективных, высокопроизводительных комплексов (таких как наклонные конвейеры) сдерживается на горнодобывающих предприятиях рисками некупаемости из-за ограниченного срока службы, так как многие карьеры, которые могут быть перспективны для их внедрения, находятся на стадии закрытия или близки к ней. Этот этап характеризуется большим уменьшением объемов выемки горной породы [1, 2].

К сожалению, работа мощных наклонных конвейеров, рассчитанных на транспортировку десятков миллионов тонн добываемой породы, малоэффективна из-за больших затрат электроэнергии при малых объемах перемещаемой добываемой породы. Более половины затрат при эксплуатации конвейера составляет стоимость потребляемой электроэнергии. Соответственно, необходимо снижение энергопотребления наклонного конвейера, что возможно в следующих случаях:

- вариант 1 – снижение скорости ленты конвейера на электроприводе с регулированием скорости ленты. Снижение скорости ленты приводит к уменьшению пробега и увеличению срока службы конвейерной ленты. Привод конвейера обеспечивает постоянную или переменную скорость тягового элемента. Его изменение может быть плавным или ступенчатым. Плавное изменение скорости для оптимального использования конвейера в грузовом режиме может быть реализовано с помощью вариатора, устанавливаемого в привод, или специальных муфт, соединяющих электродвигатель привода с редуктором, а также с помощью гидропривода, частотных преобразователей или электродвигателей постоянного тока. Ступенчатое изменение скорости осуществляется с помощью редуктора;
- вариант 2 – сокращение времени работы конвейера за счет сооружения насыпного отвала возле конвейера, производительность которого равна производительности приемки в смену в период переделок;
- вариант 3 – замена электродвигателей конвейеров на электродвигатели повышенного класса энергоэффективности (ИЭ2 или ИЭ3), мощность которых соответствует производственной мощности карьера в период доремонтных работ.

Основная рабочая процедура открытых горных работ заключается в непрерывном продвижении рабочего откоса с определенной скоростью. В последние годы, с постоянной реализацией концепции зеленого развития, процесс добычи открытым способом должен быть направлен на минимизацию экологического ущерба окружающей среде и максимальное сохранение и использование земель-

ных ресурсов, что значительно сокращает продолжительность и масштабы нарушения экосистемы. Кроме того, на территории разрабатываемого месторождения отсутствуют эффективные методы определения величин деформаций. Это обуславливает необходимость совершенствования методики геодезических наблюдений за деформациями, так как геодезические наблюдения позволяют выявить деформации массива, что необходимо для оценки геомеханической обстановки в районе разработки месторождения. Параметрами для изучения геологии и тектоники района являются численные данные разведки месторождения.

В рамках выдвинутой темы можно рассмотреть гипотезу использования угла установки подъемника конвейера не более 20° как оптимального варианта реализации горных и подготовительных работ в карьерах при циклично-поточной технологии добычи руды. При моделировании устойчивости откосов методом предельного равновесия можно указать следующие параметры откосов карьера:

- угол откоса уступа – 55-60°;
- высота уступа: 10-20 м;
- ширина предохранительной бермы – 5-8,5 м;
- угол откоса борта м/у смежными транспортными бермами – 40-46°.

Эти данные легли в основу расчета деформации карьера до использования ЦПТ и после.

Итак, традиционная технология отработки угольных месторождений открытым способом, как правило, использует постоянный угол наклона, при этом подошва склона перемещается от точки *E* к точке *D* (синяя пунктирная линия на рис. 2), однако это приводит к значительной потере площади земли *AA*.

На рис. 2 показано, что поддержание фиксированной точки поверхности и продвижение подножия склона от точки *E* к точке *D*, при предварительном условии, что склон стабилен в течение периода обслуживания, может реализовать низкую стоимость добычи ресурсов в районе и требует только вскрышных работ горных массивов. Коэффициент вскрыши на этом этапе намного меньше по сравнению со средним коэффициентом вскрыши на руднике, что имеет значительные экономические и экологические преимущества и значительно снижает ущерб земель-

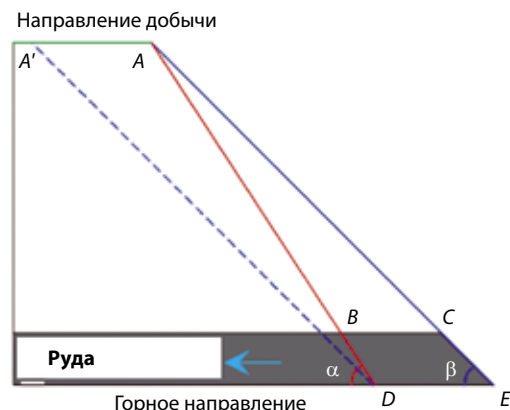


Рис. 2. Добыча полезных ископаемых с экологическим отступлением

Fig. 2. Mining of minerals with environmental divergence

ным ресурсам. Поэтому ключевой технологией считается ЦПТ при условии небольшого угла откоса (от 20 до 30°).

Безусловно, циклическая технология предполагает, что сам угол будет не более 20°. С другой стороны, на выбор технологии будут влиять и порода, и те ископаемые материалы, которые разрабатываются в данном карьере. Концентрируя внимание на применении ЦПТ и угла не более 20°, можно утверждать, что все работы должны проводиться с наземным контролем, который необходим для соблюдения безопасности как людей, так и грузов [7, 8].

Так, при расчете минимального запаса прочности методом дисконтирования прочности установлено, что модуль упругости E и коэффициент Пуассона наклона являются постоянными, а сцепление и угол внутреннего трения дисконтируются до тех пор, пока расчет не рассеивается, а F_s в момент времени рассеивания принимается за минимальный запас прочности. Для склонов, поврежденных сдвигом, коэффициент запаса прочности по повреждению выглядит следующим образом:

$$C' = \frac{C}{F_s}$$

$$\varphi' = \arctan \left(\frac{\tan \varphi}{F_s} \right),$$

где C , C' представляют собой сцепление грунта до и после дисконтирования; φ , φ' — угол внутреннего трения грунта до и после дисконтирования; F_s — коэффициент дисконтирования.

Критерий текучести выбирается из теории прочности Мора – Кулона и имеет вид:

$$\tau = C_{ij} N \sigma \tan \varphi,$$

где σ и φ – положительное и касательное напряжения на плоскости скольжения соответственно. Условие прочности Мора – Кулона показывает, что при проскальзывании (сдвиге) точки материала в некоторой плоскости касательное напряжение φ , действующее на плоскость, должно, кроме того, преодолеть силу трения, образующуюся за счет положительного напряжения σ , действующего на поверхности к силе сцепления C , присущей материалу.

На основании результатов разведки участка и отчета о геологоразведке изучаемой территории для построения

модели геологического обобщения выбирается наиболее репрезентативный геологический профиль с высокой степенью риска и выбираются соответствующие контрольные точки. Используя программное обеспечение Midas/GTS, создается численная модель 1:1 2D с фактическим уклоном карьера, и модель строится на сетке.

Используя опцию извлечения результатов в программном обеспечении Midas, точки в численной имитационной модели извлекаются, чтобы соответствовать точкам мониторинга, выбранным на месте, и значения, полученные в результате фактического мониторинга, можно было сопоставить со значениями, полученными в численном моделировании (рис. 3).

Были обнаружены различия между смоделированными данными и фактическими данными мониторинга в отношении расчетных значений. Значения, полученные при численном моделировании, как правило, выше по сравнению со значениями мониторинга.

В численном моделировании анализа устойчивости откосов используется метод снижения прочности, который постоянно уменьшает угол внутреннего трения и сцепления, так что полученные значения несколько отличаются от фактической осадки, а процесс численного моделирования слишком идеализирован без учета влияния других факторов, таких как стыки и разломы.

Кроме того, поскольку карьеры чаще всего расположены в неблагоприятных областях, целесообразно использовать карьерные транспортные пути и наклонные конвейеры, которые могут минимизировать затраты на транспортировку руд, но это считается нерентабельным из-за больших затрат энергии и малых объемов поставок породы (рис. 4).

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности сокращения времени работы наклонного конвейера при наличии площадки для размещения застрявшего отвала на карьере. При отсутствии такой площадки электродвигатели могут быть заменены на двигатели более высокого класса энергоэффективности, рассчитанные на конкретную производительность шахты [7].

Следовательно, целесообразность сокращения времени работы наклонного конвейера определяется экономической выгодой, с другой стороны, также считается возможной и замена электродвигателей на устройства с более высоким классом энергоэффективности, так как эти

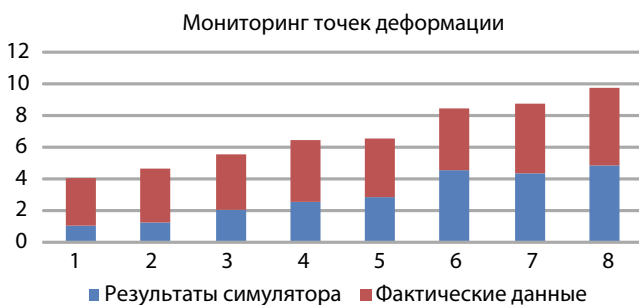


Рис. 3. Сравнение результатов измерения перемещений с результатами численного расчета

Fig. 3. Comparison of displacement measurement results with numerical calculation results



Рис. 4. Доли затрат при эксплуатации наклонного конвейера

Fig. 4. Share of expenses in incline conveyor operation

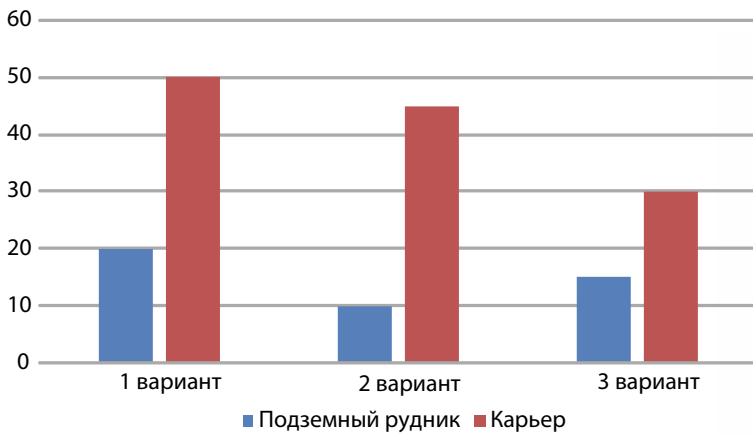


Рис. 5. Энергозатраты наклонного конвейера
Fig. 5. Energy consumption of the incline conveyor

два варианта позволяют организации экономично подходить к вопросу выработки руды (рис.5).

Для горизонтально расположенных конвейерных лент также необходимо предотвратить вращение сферических зерен, которое может произойти из-за действия сил вдоль поверхности контакта зерен с конвейерной лентой и сил инерции. Для увеличения допустимого угла ленточного конвейерного транспорта необходимо:

- увеличить коэффициент трения по рабочей поверхности конвейерной ленты;
- конструктивно изменить поверхность конвейерной ленты, следя за тем, чтобы была возможность предотвратить перемещение зерен транспортируемого материала по ленте (против направления транспорта для подъема и в направлении транспорта для спуска);
- увеличить давление транспортируемого материала на конвейерную ленту.

Следовательно, важно отследить процесс влияния угла наклона на производительность конвейера (рис. 6).

Угол наклона конвейера определяет не только возможность эксплуатации оборудования, но также и его работоспособность (см. рис. 5). Однако, если доработать конструкцию конвейера, представляется возможным оптимизировать процессы разработки карьера. Особенностью новой конструкции является выполнение прижимных элементов в виде гофр, закрепленных на наружной (рабочей) поверхности ленты силовой цепи. Гофры изготовлены из эластичного материала, обладают хорошей демпфирующей способностью и восстанавливают свою форму после исчезновения контакта с транспортируемым материалом.

В то же время угол наклона определяет и затраты, которые приходится вкладывать в добычу и разработку руды, как уже отмечалось выше. В зависимости от наклона определяется тип используемого конвейера, а следовательно и остальное оборудование также будет подбираться под угол наклона (рис. 7).

Следовательно, УУП конвейера оказывает непосредственное влияние на объемы горных и подготовительных работ. Проведенные исследова-

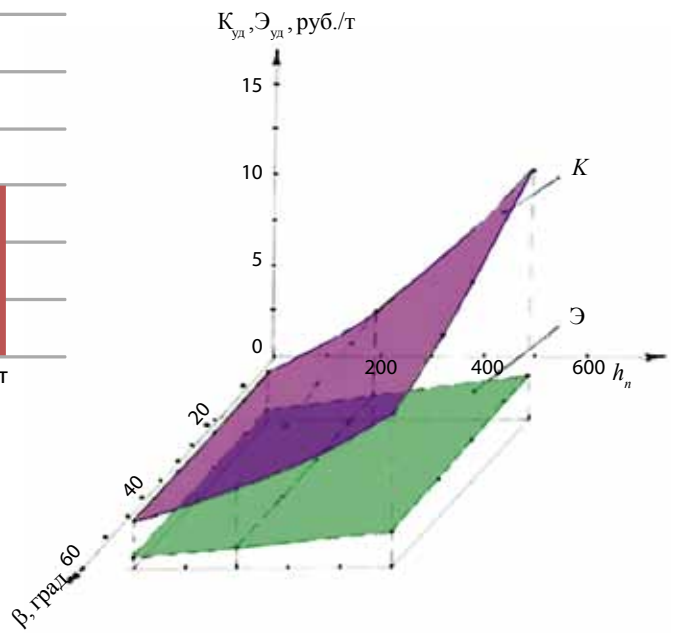


Рис. 6. Изменение удельных капитальных и эксплуатационных затрат на дробильно-конвейерные комплексы в зависимости от высоты подъема горной массы и угла наклона конвейерного элеватора: угол наклона конвейера (β), высота подъема материала (h_n), удельные капитальные ($K_{уд}$) и операционные ($\mathcal{E}_{уд}$) затраты.

Fig. 6. Variation in specific capital and operating costs of crushing and conveying systems depending on the height of rock mass hoisting and the inclination angle of the elevator conveyor: the conveyor inclination angle (β), the material hoisting height (h_n), the specific capital ($K_{уд}$) and operating ($\mathcal{E}_{уд}$) costs

дования позволили установить, что слои высотой 10 м с последующим окончательным и временным контуром карьера с наклоном 30° позволяют повысить безопасность за счет пологого откоса карьера до 45°, при этом при высоте скамейки 15 м угол наклона ската составит 47°. Установленная зависимость рудопродуктивности карьера в процентах от угла наклона свидетельствует о том, что с увеличением угла рудопродуктивность карьера снижается. Определение влияния высоты угла наклона на общий объем потерь руды в расчетном контуре карьера позволяет утверждать,

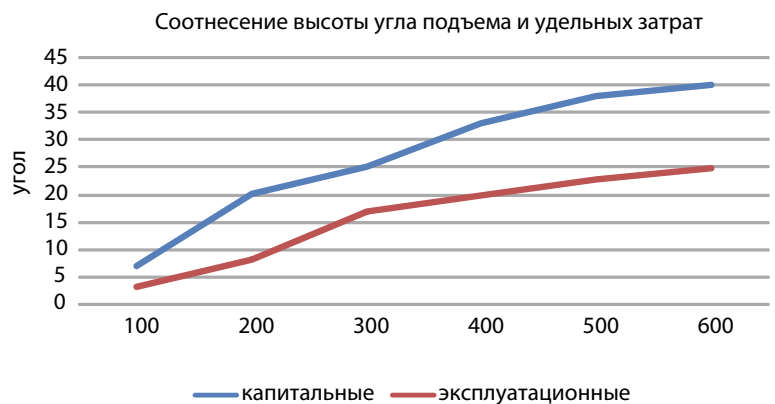


Рис. 7. Затраты на добычу в зависимости от угла наклона установки подъемника конвейера

Fig. 7. Mining costs depending on the inclination angle of the elevator conveyor

что при постоянных углах наклона уступа и падения рудной залежи значения эксплуатационных потерь и засорения изменяются прямо пропорционально высоте.

Поэтому, можно предположить, что в рамках современных технологических достижений необходимо не только рассчитывать все вышеперечисленные факторы, но также и правильно подобрать оборудование. В данном контексте считается возможным рассмотреть апробированную версию трубчатого конвейера, который в равной степени подходит для горных разработок с любым углом подъемника [9, 10].

В то же время важно отметить, что последние исследования показывают, что существующие методы управления в основном ориентированы на достижение отраслевого успеха и не координируются с другими операциями, связанными с участком разработки. Например, до сих пор не существует подходящей стратегии для интеграции управления отходами.

Это позволяет выдвинуть предложение по разработке проекта программы комплексного управления утилизацией отходов бурения и изучения месторождений на предмет окончательной выработки перед тем, как произойдет переход к новым залежам.

Также внедрение устойчивых ЦПТ может сыграть ключевую роль в стремлении свести выбросы к нулю с помощью современных технологий, таких как повторная закачка, переработка и замкнутое бурение, системы обработки и удаления отходов. Следовательно, данная технология должна популяризироваться среди горнодобывающих предприятий и, возможно, на государственном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ПТ на месторождениях со скальными породами и рудами обеспечивает: повышение интенсивности отработки месторождений за счет концентрации горных работ; сокращение расстояния транспортирования горной массы по борту карьера вследствие повышения угла подъема; увеличение производительности труда, снижение металлоемкости, энергопотребления оборудования и себестоимости добычи руды благодаря применению горнотранспортного оборудования непрерывного действия; возможность полной механизации и автоматизации основных технологических процессов; улучшение санитарно-гигиенических условий труда и снижение вредного воздействия на окружающую среду за счет сокращения работающих автосамосвалов и, соответственно, объемов выбросов вредных веществ по сравнению с ЦТ и ЦПТ на 50-200 т в год.

Рассматривая вопрос влияния УУП конвейера на объемы горных и подготовительных работ в карьерах при циклично-поточной технологии добычи руды, можно отметить следующее:

- одной из передовых методик комплексного мониторинга состояния горного массива, обеспечивающего промышленную и экологическую безопасность, является ведение комплексной системы геодинамического мониторинга;
- в рамках разработанного плана необходимо учитывать такие факторы, как особенности ландшафта, энергозатраты, затраты на оплату труда, модернизацию оборудования, а также особенности климатических условий;

- можно выдвинуть ряд предложений по использованию оборудования, в частности: использование экскаватора Cryderman при горных разработках на сложных участках, для оптимизации планирования применение программного обеспечения Midas/GTS, а для оптимизации затрат на транспортировку руд – использование трубчатого конвейера Skyline Mine.

Проведенное исследование показало следующее:

- предложенные технические схемы экономии и снижения потерь при различных открытых горных работах являются актуальными, что выявлено путем сопоставления экономических выгод и затрат на инженерно-транспортные работы и других факторов;

- с помощью численного моделирования были проанализированы изменения устойчивости откосов, деформаций и прироста сдвиговых деформаций в процессе земельных работ и снижения потерь. В процессе разработки пластов устойчивость откосов быстро снижается, а потенциальная плоскость скольжения переходит во вращательно-планирующий режим разрушения. Общий уклон становится более крутым после разработки пласта, и передняя часть склона должна быть своевременно разгружена изнутри, чтобы сжать склон;

- своевременное внедрение ЦПТ может улучшить качество и повысить скорость разработок. Однако необходимо контролировать угол наклона и конвейера и его энергозатраты в ходе работ, что предполагает индивидуальный подход в рамках горнодобывающих организаций.

Безусловно, все вышеперечисленные рекомендации необходимо применять только после тщательного анализа возможностей самой организации и ее целевого назначения.

Список литературы

1. Торстен Кратц, Пер Николай Мартенс. Оптимизация горных и подъемных работ при обычной проходке ствола. URL: <https://mining-report.de/english/optimizing-of-mucking-and-hoisting-operation-in-conventional-shaft-sinking/> (дата обращения: 15.01.2024).
2. Базалюк О., Рысбеков К., Нурпеисова М. Комплексный мониторинг состояния массива горных пород при крупномасштабной разработке недр. URL: https://www.researchgate.net/publication/360189569_Integrated_Monitoring_for_the_Rock_Mass_State_During_Large-Scale_Subsoil_Development (дата обращения: 15.01.2024).
3. Формулировка методов снижения оползневых явлений и обрушения откосов карьеров при открытых горных работах / А. Бегалинов, В. Хомяков, Е. Сердалиев и др. URL: https://www.researchgate.net/publication/341201652_Formulation_of_methods_reducing_landslide_phenomena_and_the_collapse_of_career_slopes_during_open-pit_mining (дата обращения: 15.01.2024).
4. Дотсон К.Б., Хетмон Т.А. Методы открытой разработки. URL: <https://www.iloencyclopaedia.org/part-xi-36283/mining-and-quarrying/item/599-surface-mining-methods> (дата обращения: 15.01.2024).
5. Иванова М.С., Коновал С.В., Абедь С.Ф. Совершенствование расчета устойчивости зданий, расположенных вблизи откосов, для структурно-неустойчивых грунтов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/improvement-the-calculation-of-the-stable-of-building-located-near-the-slopes-for-structural-unstable-soils> (дата обращения: 15.01.2024).

6. Мелихов М. В. Концепция возведения временных противоканал-непадных сооружений на карьерах // Проблемы недропользования. 2018. № 2. С.130-140.
7. Томилина Н.Г., Бурмистров К.А., Гавришев С.Е. Увеличение объема работ конвейерного транспорта на горнодобывающих предприятиях URL: https://www.researchgate.net/publication/305790181_Increasing_the_Work_Scope_of_Conveyor_Transport_at_Mining_Companies (дата обращения: 15.01.2024).
8. Kamarov R.K., Zamaliyev N.M., Akhmaturov D.R., Musin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. № 2. P. 5–11. DOI: 10.29202/nvngu/2018-2/2.
9. Регулирование устойчивости откосов карьеров в России. URL: <https://www.srk.com/en/publications/regulation-of-open-pit-slope-stability-in-russia> (дата обращения: 15.01.2024).
10. Сухопутный трубчатый конвейер с 22 горизонтальными и 45 вертикальными изгибами, соединяющими угольную шахту с рельсовой загрузкой URL: <https://www.pipeconveyor.com/Case%20Studies/Skyline%20Mine/overland.htm> (дата обращения: 15.01.2024).

SURFACE MINING

Original Paper

UDC 622.831.3: 622.271 © N.M. Zamaliyev, Zh.D. Zhalbyrov, N.G. Valiev, D.R. Akhmaturov, A.T. Zhansejtov, 2024
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 2, pp. 58-64
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-2-58-64>

Title

DEVELOPMENT OF PROPOSALS TO IMPROVE THE INPIT CRUSHING AND CONVEYING SYSTEM (IPCC) FOR THE BOZSHAKOL DEPOSIT

Authors

Zamaliyev N.M.¹, Zhalbyrov Zh.D.¹, Valiev N.G.², Akhmaturov D.R.¹, Zhansejtov A.T.³

¹ Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100029, Republic of Kazakhstan

² Urals State Mining University, Ekaterinburg, 620144, Russian Federation

³ Academy of Public Administration under the President of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, 100029, Republic of Kazakhstan

Authors Information

Zamaliyev N.M., Doctor PhD, Department of Development of Mineral Deposits, e-mail: nailzamaliyev@mail.ru

Zhalbyrov Zh.D., Doctoral Student, Department of Development of Mineral Deposits, e-mail: zhanibek_zhalbyrov@mail.ru

Valiev N.G., Doctor Engineering Sciences, Professor, Head of the Mining Department, e-mail: Niyaz.Valiyev@m.ursmu.ru

Akhmaturov D.R., Doctor PhD, Department of Development of Mineral Deposits, e-mail: d.akhmaturov@gmail.com

Zhansejtov A.T., Magister, e-mail: a.zhanseitov@apa.kz

Abstract

The purpose of the paper is to assess the impact of the elevator conveyor angle on the volume of mining and development work in open pits that use the Inpit Crushing and Conveying System (IPCC) for ore mining. Numerical modeling combined with monitoring techniques was used as the main research method. In addition, strain points were calculated based on seismological and geological data. The econometrics of the rationale for using the incline conveyor was performed with indication of the share of costs, energy benefits, as well as the prospects for further use of the IPCC. Specific effects of the elevator conveyor angle on the volume of mining and development work have been discussed for the open pits where ore is mined using the Inpit Crushing and Conveying System. The economic viability of this technology has been justified, the environmental performance and efficiency of using conveyors within the IPCC systems have been analyzed, as well as the impact of the elevator conveyor angle on the volume of mining and the availability of the conveyors. The results of the research can be used both by mining companies and as part of more detailed studies of ore mining.

Keywords

Open-pit, Inpit Crushing and Conveying system (IPCC).

References

1. Thorsten Kratz & Per Nicolai Martens. Optimization of mucking and hoisting operation in conventional shaft sinking. Available at: <https://mining-report.de/english/optimizing-of-mucking-and-hoisting-operation-in-conventional-shaft-sinking/> (accessed 15.01.2024).
2. Bazalyuk O., Rysbekov K. & Nurpeisova M. Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. Available at: https://www.researchgate.net/publication/360189569_Integrated_Monitoring_for_the_Rock_Mass_State_During_Large-Scale_Subsoil_Development (accessed 15.01.2024).

3. Begalinov A., Khomiakov V., Serdaliyev Ye. & Iskakov Ye. Formulation of methods reducing landslide phenomena and the collapse of career slopes during open-pit mining. Available at: https://www.researchgate.net/publication/341201652_Formulation_of_methods_reducing_landslide_phenomena_and_the_collapse_of_career_slopes_during_open-pit_mining (accessed 15.01.2024).
4. Dotson K.B. & Hethmon Th.A. Methods of open pit mining. Available at: <https://www.iloencyclopaedia.org/part-xi-36283/mining-and-quarrying/item/599-surface-mining-methods> (accessed 15.01.2024).
5. Ivanova M.S., Konoval S.V. & Abed S.F. Improvement the calculation of the stability of buildings located near the slopes for structural unstable soils. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/improvement-the-calculation-of-the-stable-of-building-located-near-the-slopes-for-structural-unstable-soils> (accessed 15.01.2024).
6. Melikhov M.V. A conception of construction of temporary anti-rockfall facilities on the open pits. *Problemy nedropol'zovaniya*, 2018, (2), pp. 130-140. (In Russ.).
7. Tomilina N.G., Burmistrov K.V. & Gavrishev S.E. Increasing the work scope of conveyor transport at mining companies. Available at: https://www.researchgate.net/publication/305790181_Increasing_the_Work_Scope_of_Conveyor_Transport_at_Mining_Companies (accessed 15.01.2024).
8. Kamarov R.K., Zamaliyev N.M., Akhmaturov D.R. & Musin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2018, (2), pp. 5-11. DOI: 10.29202/nvngu/2018-2/2.
9. Management of open pit slope stability in Russia. Available at: <https://www.srk.com/en/publications/regulation-of-open-pit-slope-stability-in-russia> (accessed 15.01.2024).
10. An overland tubular conveyor with 22 horizontal and 45 vertical bends to connect a coal mine to a railway loading depot. Available at: <https://www.pipeconveyor.com/Case%20Studies/Skyline%20Mine/overland.htm> (accessed 15.01.2024).

For citation

Zamaliyev N.M., Zhalbyrov Zh.D., Valiev N.G., Akhmaturov D.R. & Zhansejtov A.T. Development of proposals to improve the Inpit Crushing and Conveying System (IPCC) for the Bozshakol deposit. *Ugol'*, 2024, (2), pp. 58-64. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-58-64.

Paper info

Received October 20, 2023

Reviewed January 15, 2024

Accepted January 26, 2024