УДК 622.271.3.06:658.527«75»

© Коллектив авторов, 2008

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦПТ НА КАРЬЕРАХ

С. В. Корнилков,
директор, проф., д-р техн. наук

В. Ф. Столяров,
старший научный сотрудник,
канд. техн. наук

Ю. А. Бахтурин,
зав. лабораторией,
канд. техн. наук

В. А. Берсенев,
старший научный сотрудник,
канд. техн. наук

ГУ ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург

Начиная с первой половины 70-х годов XX в. открытая добыча полезных ископаемых с глубины 150–200 м и более становится одной из наиболее актуальных проблем мировой горнорудной промышленности. На Западе решающую роль сыграл энергетический кризис, вызвавший резкое повышение цен на нефтепродукты, а в СССР — снижение темпов роста годовых объемов производства. Было найдено оптимальное решение — применение циклично-поточной технологии (ЦПТ) и комбинированных видов транспорта с использованием конвейеров для подъема горной массы из карьеров на поверхность земли.

В первом десятилетии XXI в. широкое распространение на карьерах получил автомобильный транспорт. Благодаря научно-техническому прогрессу в области автомобилестроения область эффективного применения автосамосвалов расширилась до глубины 200 м и более. Однако можно утверждать, что объективно существуют области эффективного применения различных видов транспортных средств на глубоких карьерах. Они определяются затратами на подъем горной массы, находящимися в прямой зависимости от угла наклона транспортных коммуникаций. Поскольку у конвейеров этот показатель в 3—4 раза выше, чем у автосамосвалов [1], основным направлением совершенствования горного производства на глубоких карьерах в ближайшем будущем по-прежнему остается ЦПТ.

Основным направлением развития ЦПТ, как показывает практика, является создание специального оборудования для формирования мобильно-стационарных комплексов (МСК). По различным причинам программа создания МСК производительностью 10—20 млн т в год, осуществлявшаяся в 80—90-х годах прошлого века, не была доведена до конца [1]. В тот же период времени за рубежом различными производителями был разработан и предложен широкий ассортимент МСК, включающий: дробильно-перегрузочные установки (ДПУ), конвейеры различного назначения, перегрузочные устройства, реклаймеры, отвалообразователи, а также подъемно-транспортное оборудование для их перемещения. Таким образом, идея перемещения технологических линий ЦПТ в карьере к настоящему моменту технически реализована.

Решение о внедрении ЦПТ с комбинированным (автомобильно-конвейерно-железнодорожным) транспортом (рис. 1) на карьере ОАО «Полтавский ГОК» (Украина) было принято, когда горные работы достигли глубины 280 м. Это было обусловлено необходимостью резкого увеличения парка автосамосвалов для поддержания производственной мощности карьера. В качестве альтернативы был рассмотрен вариант с заменой автосамосвалов конвейером на подъеме руды по борту карьера. Расчеты, проведенные в мировых ценах, показали, что капиталовложения будут примерно одинаковые, а эксплуатационные расходы на перемещение 1 т руды при замене автосамосвалов конвейером уменьшаются почти в 2 раза. При такой экономии эксплуатационных расходов капитальные затраты окупаются за 4 года [2].

Основное оборудование МСК для дробления, транспортирования и перегрузки 2500 т руды в час изготовлено фирмой Krupp Fordertechnik. Его мобильная часть – штабелеукладчик, перегрузочная тележка – передвигается самостоятельно. Дробильная установка и приводные станции конвейеров смонтированы на двух несущих металлоконструкциях (рамах), установленных на крупногабаритных опорах. Их перемещение по карьерным автодорогам с углом наклона до 10 % осуществляется гусеничным транспортером или пневмоколесной платформой.

С целью уменьшения капитальных затрат подъемно-транспортное оборудование не было включено в комплект поставки, поскольку предприятие не планирует передвижение МСК. Строительные сооружения приемного бункера дробильной установки, облицованные сменными элементами, которые при износе легко заменяются, спроектированы и изготовлены самостоятельно. Для «мягкой» погрузки руды пластинчатый питатель опирается на рельсы сколь-

жения. Гидравлический привод позволяет плавно регулировать скорость движения полотна, чтобы осуществлять равномерную загрузку дробилки при неравномерной подаче автосамосвалов. Для облегчения технического обслуживания и оптимизации загрузки питатель может передвигаться относительно приемного отверстия дробилки с помощью гидроцилиндров.

В рассматриваемом случае строительство наклонной конвейерной траншеи на погашенном борту карьера потребовало перепроектирования грузопотоков и положений системы капитальных автомобильных съездов, ориентированных на разгрузочную площадку дробильной установки. При этом конструкция погашенного борта карьера на данном участке была изменена. Проектное обоснование глубины заложения конвейерной траншеи является достаточно сложной технико-экономической задачей. Она должна решаться с учетом не только увеличения расстояния откатки и глубины ведения горных работ, но и порядка отработки карьерного поля, динамики и конструкции рабочей зоны карьера, интенсивности добычных работ, коэффициентов вскрыши и мест выемки текущих объемов горной массы. Кроме того, строительство наклонной траншеи происходит не одномоментно – оно растянуто во времени. В связи с этим проектируемые способы и процессы удлинения конвейерных трактов, а также переноса дробильных и перегрузочных комплексов с одного места на другое должны быть увязаны во времени и пространстве с режимом горных работ и проходкой вскрывающих выработок.

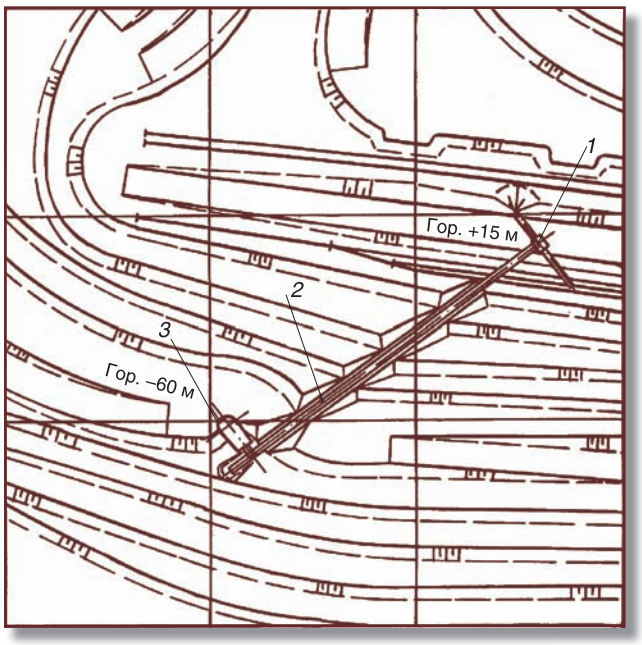

Рис. 1. МСК на карьере Полтавского ГОКа:
1 – узел перегрузки с конвейера в думпкары; *2* – конвейерный подъемник; *3* – ДПУ

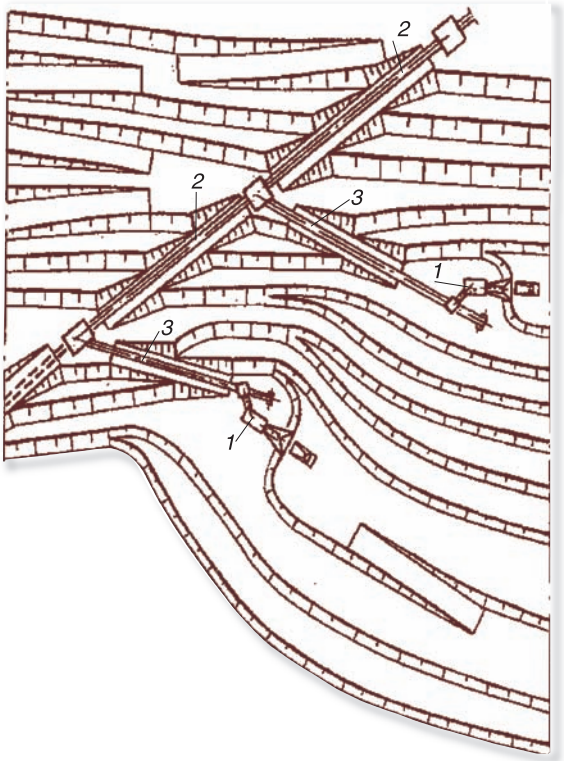

Рис. 2. Поэтапное удлинение конвейерных трактов с переносом МСК в карьере, увязанное во времени и пространстве с режимом горных работ и проходкой вскрывающих выработок:
1 – ДПУ; *2* – магистральные конвейеры; *3* – передаточные конвейеры

На рис. 2 показан один из способов поэтапного углубления наклонной траншеи, при котором процесс постановки борта карьера в предельное положение осуществляется на заранее выбранном участке, а рабочие горизонты соединены с магистральным конвейером серией временных траншей, оборудованных передаточными конвейерами. При проектировании ЦПТ следует увязывать между собой интенсивность отработки отдельных участков карьера, обособленных по глубине рабочей зоны, со вскрытием групп эксплуатационных горизонтов. Несоблюдение этих требований может существенно снизить эффективность ЦПТ, поскольку нарушается принцип поточной организации горного производства, обеспечивающий согласованность и непрерывность производственных процессов при выпуске однородной массовой продукции. Наибольшая эффективность применения МСК может быть достигнута за счет совмещения поэтапной отработки карьерного поля с цикличным изменением схемы транспортирования горной массы при переносе конвейерных установок в новое положение вслед за подвиганием горных работ. Так, на карьере рудника Мурунтау (Узбекистан) за счет изменения схемы вскрытия рабочих горизонтов, а также переустройства поверхностного конвейерного тракта расстояние транспортирования было сокращено на 2,2 км. В перспективе предполагается переход

Меднорудный карьер «Асарел»

на крутонаклонные конвейеры. Их ввод обеспечивается поэтапным строительством с одновременным изменением направления карьерных грузопотоков.

Если время нахождения МСК на одном месте превышает допустимое по условию осуществления режима горных работ, характеризующегося определенным соотношением выемки вскрышных пород и полезного ископаемого, то в рабочей зоне карьера образуются породные целики, консервирующие часть запланированных к выемке объемов полезного ископаемого. В качестве примера можно привести меднорудный карьер «Асарел» (Болгария). Для перемещения вскрышных пород в отвал, расположенный на удалении 3,5 км от карьера, используется система комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта, включающая ДПУ фирмы Krupp в модульном исполнении (приемный бункер, пластинчатый питатель, виброгрохот, конусная дробилка, передаточный конвейер), магистральный и отвальный конвейеры, отвалообразователь. ДПУ расположена в технических границах карьера на земной поверхности (отм. 932 м). На ту же отметку выведен магистральный конвейер. Площадка для маневров и разгрузки автосамосвалов (гор. 950 м) соединена временными заездами, вскрывающими западный и северо-восточный борта карьера. С целью сокращения расстояния транспортирования до отвала в местах пересечения магистрального конвейера с автодорогами пройден конвейерный тоннель.

Необходимость переноса ДПУ вызвана тем, что ее нынешнее положение на временно законсервированном участке рабочего борта блокирует развитие горных работ в технических границах карьера и консервирует запасы руды в объеме 10 млн т. Из-за отсутствия заранее подготовленных площадок для расположения ДПУ и магистрального конвейера в карьере единственно возможным решением является вынесение ДПУ за технические границы в северо-западном направлении от современного положения. Предварительные проектные решения по переносу ДПУ, позволяющие обеспечить минимальное увеличение расстояния перемещения пород автосамосвалами, разработаны АД «Нипроруда» совместно с АД «Асарел-Медет». Из всех рассмотренных вариантов для дальнейшего сравнения были выбраны два (см. таблицу, варианты III, IV). Различия между ними заключаются в месте расположения перегрузочной площадки и технических решениях по переносу ДПУ.

В варианте III ДПУ располагается на отм. 912 м в капитальной траншее, пройденной по откосу лога. На ту же отметку выведен магистральный конвейер, который примыкает к существующему конвейерному тракту под прямым углом и располагается в крутой траншее. Площадка для маневров и разгрузки автосамосвалов на отм. 930 м располагается на специально отсыпанном отвале вскрышных пород. Основанием отвала служит участок лога, проходящего вдоль северо-западного борта карьера с углом наклона основания 9°. Отвал отсыпается вскрышными породами, которые доставляются из карьера автосамосвалами по кратчайшему расстоянию. Для этого в северо-восточном борту карьера с гор. 930 м пройдена временная траншея с выходом на откос лога. Для обеспечения транспортной связи ДПУ с карьером предусматривается строительство капитальной автодороги.

Технические решения по переносу ДПУ включают:

- ✦ установку дополнительного оборудования (магистральный ленточный конвейер длиной 160 м с углом наклона 14° 10′);
- ✦ проведение земляных работ в карьере (горизонтальная траншея на гор. 930 м шириной 25 м, длиной 100 м, расположенная нормально относительно северо-восточного рабочего борта карьера, с выходом на откос лога, противоположный тому, на котором располагается ДПУ);
- ✦ проведение земляных работ на поверхности (отвал вскрышных пород вместимостью 300 тыс. м^3, площадью по верху 20 тыс. м^2, максимальной высотой 50 м; траншея под магистральный ленточный конвейер длиной 160 м, шириной 16 м, траншеи и насыпи под автодороги общей длиной 351 м, шириной 12 м);
- ✦ выполнение строительных работ (подпорные стенки из железобетонных конструкций в месте размещения ДПУ, строительные сооружения привода и става магистрального конвейера, автодорога длиной 500 м, железобетонные фундаменты и дренажные трубы общей длиной 400 м, шириной 6 м, высотой 5 м).

В варианте IV ДПУ располагается глубже, на отм. 867 м в капитальной траншее, пройденной по откосу лога. На ту же отметку выведен магист-

Показатели перемещения ДПУ на карьере «Асарел»

Показатели	Варианты		
	Проектные		ИГД УрО РАН
	III	IV	
Размеры отвала под площадкой:			
площадь по верху, м^2	20000	–	–
максимальная высота, м	50	–	–
наклон основания, градус	9	–	–
усадка отвала, год	1–2	–	–
Изменение расстояния транспортирования по сравнению с существующим положением, м:			
автосамосвалами	+500	+980	+540
конвейерами	–150	–120	–370
автоконвейером	+350	+860	+170
Горно-капитальные работы:			
конвейерные траншеи, м	160	360	540
автодороги, м	351	980	–
насыпи:			
площадь по верху, м^2	Н. д.	4200	–
высота, м	Н. д.	5	–
Строительные работы:			
дренажные трубы на отвале:			
материал	ЖБ	–	–
сечение, м	5×6	–	–
суммарная длина, м	400	–	–
разгрузочный мост:			
материал	–	–	ЖБ
высота в пролете, м	–	–	22
площадь настила, м^2	–	–	720
подпорная стенка:			
материал	ЖБ	ЖБ	–
длина, м	114	114	–
высота, м	18	18	–
площадь, м^2	2052	2052	–
Оборудование			
конвейер, м	200	390	–

Примечание. Знак «+» означает увеличение, знак «–» – уменьшение показателя.

ральный конвейер, который примыкает к существующему конвейерному тракту под углом 60°. Площадка для маневров и разгрузки автосамосвалов на отм. 885 м располагается частично в траншее, частично – на насыпи. Для обеспечения транспортной связи с карьером предусматриваются технические решения, аналогичные варианту III. Технические решения по переносу ДПУ включают:

✦ проведение земляных работ на поверхности (траншея под магистральный ленточный конвейер длиной 355 м, шириной 16 м, траншеи и насыпи под автодороги на поверхности длиной 760 м, шириной 12 м);

✦ выполнение строительных работ (подпорные стенки из железобетонных конструкций в месте размещения ДПУ, строительные сооружения привода и става магистрального конвейера, автодорога длиной 980 м);

✦ установку дополнительного оборудования (магистральный ленточный конвейер длиной 355 м с углом наклона 14° 31′);

✦ проведение земляных работ в карьере (горизонтальная траншея на гор. 885 м шириной 25 м, длиной 220 м, расположенная нормально относительно северо-восточного борта карьера, с выходом на откос лога, противоположный тому, на котором располагается ДПУ).

Специалистами ИГД УрО РАН предложен вариант реконструкции ЦПТ с переносом ДПУ, согласованный с общей стратегией формирования рабочего пространства и развития транспортных систем в технических границах карьера «Асарел» (рис. 3). Аналогично проектным вариантам III и IV перенос осуществляется вынесением ДПУ за техническую границу карьера в северо-западном направлении от современного положения. После переноса ДПУ располагается на отм. 950 м по трассе магистрального конвейера. Площадка для маневров и разгрузки автосамосвалов на отм. 972 м примыкает к существующей автодороге из карьера на Западный отвал. Строительные работы включают специальные сооружения (мост из железобетонных конструкций для маневров и разгрузки автосамосвалов длиной 36 м, шириной 20 м, высотой в пролете 22 м). К достоинствам данного варианта относятся:

✦ безопасность и высокая надежность работы оборудования по сравнению с размещением на отвале (вариант III), где будут происходить локальные смещения пород;

✦ уменьшение общего расстояние транспортирования комбинированным автомобильно-конвейерным транспортом по сравнению с проектными вариантами III и IV соответственно на 180 и 690 м;

✦ отсутствие земляных работ в карьере и на поверхности;

✦ сокращение продолжительности переноса ДПУ до 3–4 недель за счет упрощения организации работ, уменьшения расстояния перемещения оборудования, сокращения числа конвейерных ставов, использования существующих транспортных коммуникаций, изменения структуры технических решений (замена земляных работ на строительные). Быстрый перенос позволяет ускорить подготовку северо-восточного борта для последующего удлинения магистрального конвейера и переноса ДПУ с поверхности в карьер ниже существующей отметки 930 м. Особенно неудачным в этом отношении является проектный вариант III, где проходка въездных траншей из карьера на отвал и формирование отвала, включающее устройство дренажной

системы, отсыпку и усадку пород до устойчивого состояния, потребует не менее 2–3 лет;

✦ уменьшение затрат на основное оборудование конвейерных ставов, производство земляных и строительных работ при проходке траншей, котлованов, устройстве автомобильных дорог, специальных проездов для перемещения модулей ДПУ, дренажных систем и т. д.

В теории горнотехнических систем техническая и технологическая составляющие эффективного применения ЦПТ рассматриваются как различные формы реальности. Одна из них включает совокупность материальных средств: машин, механизмов, инструментов, аппаратуры управления, строительных сооружений, коммуникаций связи и т. д., созданных для осуществления процессов производства; другая представляет собой организационную составляющую производства: способы управления и взаимодействия процессов. Следует отметить, что при правильной организации производства даже устаревшая техника в состоянии обеспечить приемлемый уровень функционирования системы. Если же в организации производства допущены серьезные ошибки, то никакая совершенная техника не сможет их компенсировать. Поэтому главной особенностью технологической составляющей эффективного применения ЦПТ является ***системное совершенствование структур организации производства***. Основным направлением научно-технического прогресса представляется разработка способов формирования горно-транспортных систем, основанных на изучении закономерностей процессов перемещения горной массы в карьерах [3] в увязке с прогнозом динамики рабочей зоны глубоких карьеров.

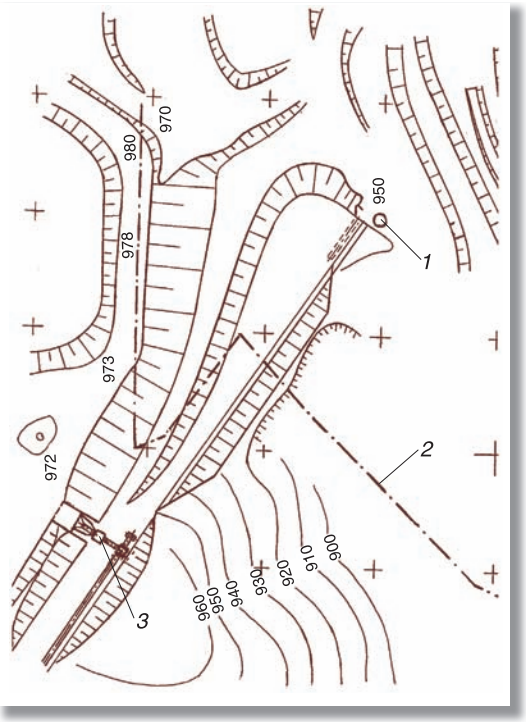

Рис. 3. Схема переноса ДПУ на карьере «Асарел», предложенная ИГД УрО РАН:
1 – действующая ДПУ; *2* – техническая граница карьера; *3* – рекомендуемый вариант расположения ДПУ

Таким образом, эффективность применения ЦПТ на глубоких карьерах отечественной горнорудной промышленности во многом будет зависеть от уровня адаптирования структур комплексной механизации и организации производства к реальным горнотехническим условиям. Практика глубоких карьеров показывает, что при использовании ЦПТ наиболее эффективны мобильно-стационарные комплексы – блочные конструкции дробильных, перегрузочных и конвейерных установок, у которых способность к быстрому перемещению сочетается с продолжительностью работы на одном месте в течение нескольких лет.

Совершенствование ЦПТ неразрывно связано с проектным и плановым прогнозами развития горных работ, учитывающими необходимость:

✦ совместной динамической оценки развития рабочей зоны и вскрытия карьерного поля;

✦ использования специальных методов управления рабочей зоной в период пошагового углубления конвейерных траншей;

✦ цикличного изменения схем транспортирования горной массы как в карьере, так и на поверхности;

✦ перераспределения параметров внутрикарьерных грузопотоков;

✦ поэтапной отработки карьерного поля с опережающей реконструкцией элементов транспортной системы ЦПТ.

Peculiar aspects of the design of cyclic-continuous technologies for open pits

S. V. Kornilkov, V. F. Stolyarov, Yu. A. Bakhturin, V. A. Bersenev

The main area of scientific and technological advance in deep open pits of the mining industry is the one of cyclic-continuous technology. Its efficiency is determined by the trends of perfection of overall mechanization and production management in mining including the design of mobile-stationary systems and development of methods for the formation of hydraulic transport systems based on the investigation of the objective laws governing the processes of mined material relocation in open pits. Test data on the application of mobile-stationary systems for cyclic-continuous technology are presented as the results of case studies performed in open pits of Ukraine, Uzbekistan and Bulgaria.

Список литературы

1. *Столяров В. Ф.* Проблемы циклично-поточной технологии глубоких карьеров. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004.
2. *Мартыненко В., Элиас К. Х.* Первый дробильно-конвейерный комплекс фирмы Krupp на Полтавском ГОКе // Горная промышленность. – 1996. – № 3. – С. 27–29.
3. *Яковлев В. Л.* Состояние и перспективы развития карьерного транспорта // Проблемы карьерного транспорта: Материалы IX Международной научно-практической конференции (9–10 октября 2007 г.). – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – С. 6–9.