



А. И. Макеев
Product Line Manager CIS
Bulk Materials Handling
Sandvik Mining and
Construction CIS LLC
andrey.makeev@sandvik.com



А. А. Латынов
Project engineer
Sandvik Mining and
Construction CIS LLC
alexander.latynov@sandvik.com

Конструктивные достижения

в системе внутрикарьерного дробления и конвейерного транспортирования горной массы в циклично-поточной технологии

В статье освещаются вопросы применения систем циклично-поточной технологии (ЦПТ) транспортировки сыпучих материалов при открытом способе добычи сырья в горнодобывающей отрасли, в качестве альтернативы автомобильному и железнодорожному транспорту, затрагиваются актуальные проблемы технологического транспорта, рассматриваются плюсы и минусы их различных видов. This article is devoted to possibility of using in-pit crushing and conveying (IPCC) system, as an alternative to dumper and train transport for material handling system in open-pit mines. The article describes actual problems of material transportation, advantages and disadvantages of it.

Ключевые слова: циклично-поточная технология, ЦПТ, технологический транспорт, конвейер, перегрузочный узел, автомобильный и железнодорожный транспорт.

Keywords: in-pit crushing and conveying, IPCC, technological transport, conveyer, reloading point, dumper and railway transportation.

Открытые горные работы переживают наиболее активный период своего развития, при котором возникают определенные проблемы, угрожающие сохранению производственных мощностей по добыче и приводят в целом к удорожанию ее эксплуатационных затрат, а значит, и к увеличению сроков возврата инвестиционных вложений. Увеличение темпов развития горных работ, и в первую очередь их понижение, неизбежно приводит к проблемам удорожания технологических транспортных расходов. Кроме того, от правильного выбора технологии транспортирования зависят генеральные углы наклона бортов, а значит соотношение объема пустых пород к полезному ископаемому – коэффициент вскрыши. В общих эксплуатационных затратах на добычу стоимость транспортирования и вскрышных работ (как правило) занимает второе и третье место после БВР.

При данной тенденции увеличивающегося спроса на металлическое и нерудное сырье, добываемое открытым способом разработки, возникает необходимость рассмотреть циклично-поточную технологию транспортирования горной массы как альтернативу

- Сложившийся уровень цен и дефицит шин для большегрузных автосамосвалов.
- Ограниченные мощности заводов изготовителей локомотивосоставов и думпкаров.
- Возрастающие фискальные экологические ренты за загрязнение окружающей среды.
- Старение кадрового корпуса, как рабочих, так и инженерных специальностей.

Любая технология имеет свои преимущества и недостатки, поэтому необходимо сразу оговориться, что поточная технология по своим большим капитальным затратам и полумобильным качествам малопримемлема для карьеров с невысокой производительностью, малыми расстояниями транспортирования, сверхвысокими скоростями углубки, коротким сроком эксплуатации.

Сложившаяся тенденция подчинения горных работ минимизации затрат путем выборочной отработки, беспорядочной смены направлений их развития малопримемлема для полустационарного дробильно-конвейерного комплекса, который не может с такой легкостью, как экскаваторно-железнодорожные перегрузочные пункты, менять свое местоположение.

Успешное внедрение поточной технологии возможно только при детальной проработке развития горных работ в пространстве и во времени на период не менее 20 лет, что, впрочем, на сегодняшний день при имеющихся возможностях компьютерного моделирования их оптимального развития не является столь уж недостижимой задачей. Необходимо помнить, что ЦПТ – это капиталоемкое сооружение со значительным сроком окупаемости и использования, а значит, эффективность его применения напрямую зависит от корректности долгосрочного планирования.

Сегодня рынок производителей оборудования для поточной технологии представлен достаточным количеством предложений, однако успех достигается там, где:

- оборудование имеет высокую производительность при минимальной комплектности;
- есть возможность реконструкции (перемещения) комплекса с минимальными затратами в короткие сроки;
- высокий коэффициент технической готовности комплекса;
- минимальный коэффициент запаса резервной производительности;
- система может быть встроена в имеющуюся технологию без остановки производства;
- план развития горных работ учитывает особенности их ведения при использовании поточного вида транспорта;

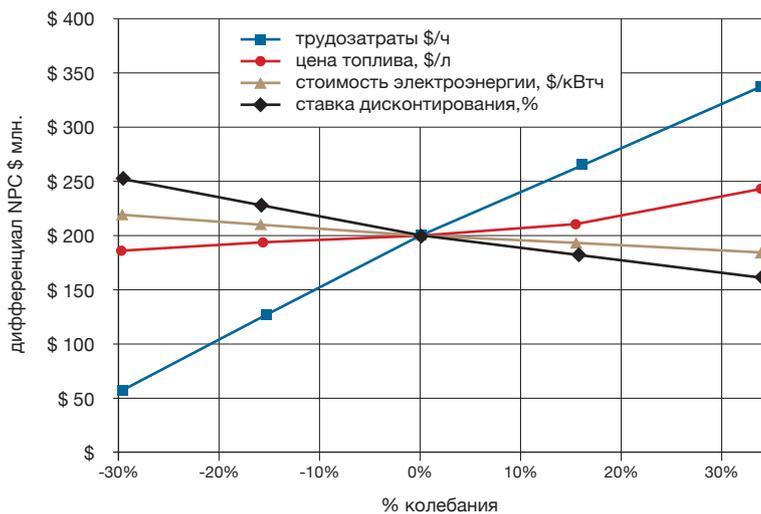


Рис. 1. Анализ рентабельности ЦПТ

автомобильному и железнодорожному транспорту, получившему в свое время наибольшее распространение на крупных российских горнодобывающих предприятиях.

Рассмотрим проблемы технологического транспорта, с которыми сегодня сталкиваются предприятия.

- Рост объемов добычи, увеличение перемещения вскрышных пород и расстояний транспортирования.
- Неуклонный рост цен на нефть, а значит на топливо, электроэнергию и изделия нефтехимической промышленности.

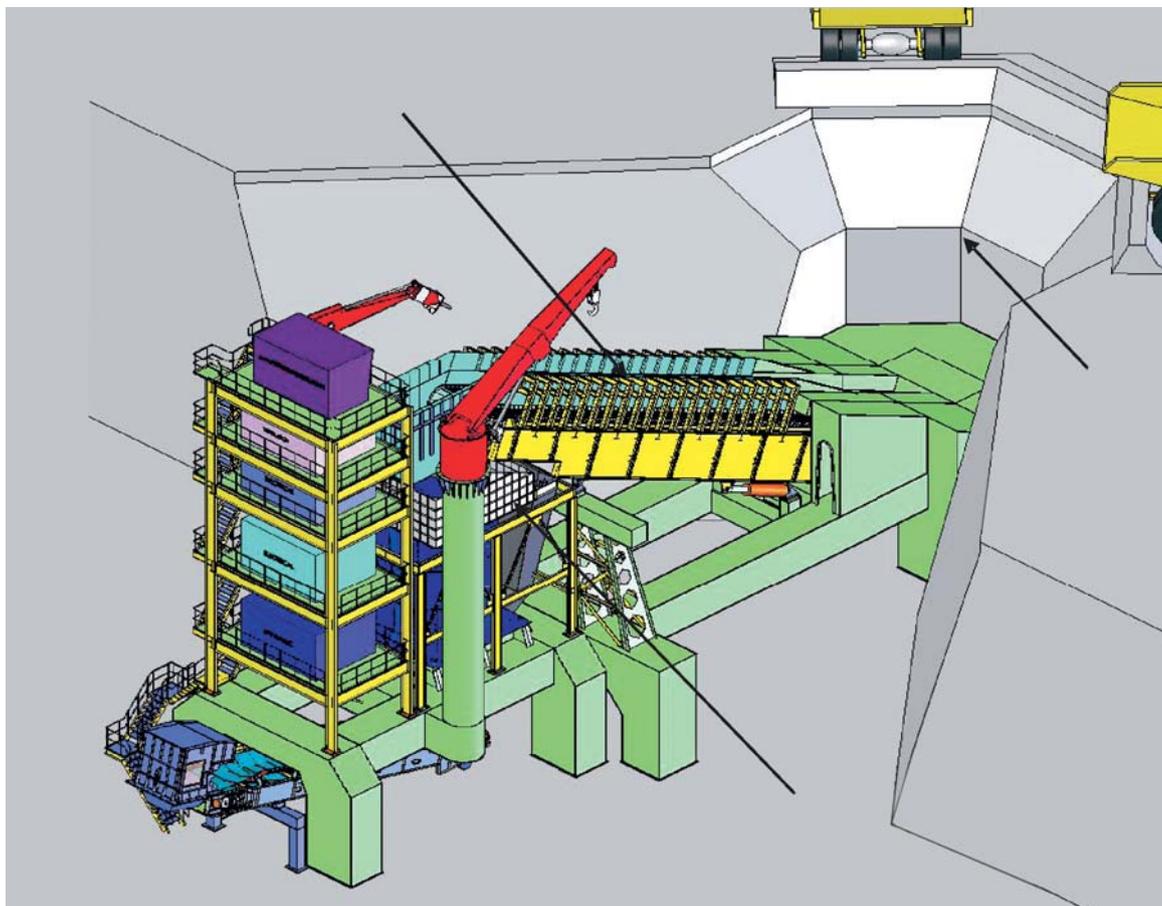


Рис. 2.
Пример математического моделирования дробильной системы

- унифицированы основные узлы, агрегаты, запасные части, расходные материалы и компоненты;
- имеется комплексность технологического решения от входной точки до точки разгрузки;
- есть комплексное техническое, гарантийное и постгарантийное обслуживание;
- сдача объекта «под ключ» осуществляется производителем оборудования.

Анализ соотношения цен на электричество, дизельное топливо, стоимость рабочей силы и учетной ставки показывает, что повышение стоимости дизельного топлива и рабочей силы повышает относительную выгоду системы ЦПТ, в то время как повышение стоимости электроэнергии и учетной ставки оказывает противоположное влияние. Наиболее крутой наклон имеет кривая стоимости дизельного топлива. Это означает, что в данном случае финансовая окупаемость для автотранспорта является менее предсказуемой, чем для системы ЦПТ.

Несмотря на очевидные преимущества ЦПТ для отдельных месторождений с благоприятными условиями для развития поточного транспорта, она не получила повсеместного распространения по определенным причинам.

ЦПТ – это капиталоемкое сооружение со значительным сроком окупаемости и использования, а значит, эффективность его применения напрямую зависит от корректности долгосрочного планирования.

Так, календарное планирование горных работ с использованием программного обеспечения GEMCOM Whittle, получившее достаточно широкое применение на зарубежных рудниках, используется для оптимизации конфигурации карьеров и уменьшения эксплуатационных затрат на добычу.

Особенности работы программного обеспечения заключаются в том, что планирование ведется по единичным геологическим блокам из расчета минимизации вскрышных работ, что, как правило, приводит к сложной конфигурации отработки карьерного поля, без учета особенностей развития транспортных систем и их технологических особенностей. Кроме того, выбор оптимального NPV (чистая

приведенная стоимость), как правило, выполняется по множеству «оболочек», которые имеют определенный шаг «прирезки», которые не учитывают рационального соотношения подвигания фронта работ и углубки карьера, что само по себе отрицательно влияет на пригодность использования поточной технологии. При этом на практике анализ проекта по разработке медно-порфировых руд показал, что разница между оболочками с шагом до 150 м против первоначально планируемых 75 м приводит к незначительным изменениям NPV.

По-другому обстоит планирование для угольных разрезов, где обычно применяют линейные конфигурации и поэтому они больше подходят для систем ЦПТ.

Многие месторождения изначально имеют конфигурации, которые не подходят для системы ЦПТ, например, при разработке медно-порфировых руд кольцевого залегания разработка ведется по этапам. В данном случае было принято решение использовать линейные конвейеры длиной 45 м каждый при 10% уклоне, с тем чтобы можно было перемещать дробилку каждые 45 м вертикального перемещения.

Используя эти регуляторы, на каждом этапе можно было видеть, была ли необходимость в изменении последовательности ведения горных работ. На 1-ом этапе (min оболочка) встраивание системы ЦПТ в первоначальный проект (автотранспорт) не потребовало изменения первоначальных параметров конструкции борта. Это показало, что даже относительно криволинейные борты не создают трудностей для применения системы ЦПТ, не требуются изменений в направлении подвигания горных работ и очевидно, что даже при больших уменьшениях система ЦПТ легко вписывается.

Один из основных выводов после проведения нескольких испытаний, поведённых на настоящий момент, заключается в том, что намного сложнее переналадить конвейеры для существующих подъездных дорог, чем спроектировать новый рудник под систему ЦПТ.

Особую важность для успешной эксплуатации ЦПТ имеет правильность расположения и целесообразное перемещение полуперемещаемых дробильных установок, что и определяет пригодность системы для конкретных условий.

Существуют три основных варианта для размещения дробильных установок:

- в пределах временных транспортных съездов;
- в пределах постоянных транспортных съездов;
- вне пределов транспортных съездов – встроенных в постоянный борт (рис. 2 и 3).

Последний вариант наиболее привлекательный, однако, он требует интеграции поточного комплекса в процесс проектирования рудника. Очевидно, что детали будут меняться от рудника к руднику.

Не менее важным и неизбежным вопросом является определение конструкции и расположения пересечений конвейерных линий с действующими автомобильными или железнодорожными коммуникациями.

Возможны два варианта: с применением транспортногo моста (рис. 5) или размещением конвейера в тоннеле типа «Агтсо», проходящего под дорогой. Каждый из этих вариантов выполним. В целом туннельный вариант будет



Рис. 3. Передвижная дробильная станция (вскрышные породы) производительностью 5500 т/час, Mae Moh V, Таиланд – 2002

менее дорогим, чем вариант с мостом. Однако туннельный вариант обладает меньшей гибкостью в плане перемещения и монтажа, так как мост может быть собран из сегментов, которые поднимают до места установки и скрепляют вместе болтами. Для туннельного варианта необходимо, чтобы конвейер был установлен на полозья и волоком с помощью бульдозеров перемещался на место установки. Конфигурация системы ЦПТ должна быть спроектирована таким образом, чтобы свести к минимуму количество мостов, учитывая их дороговизну и сложность перемещения. При правильном планировании они могут оставаться в стационарном состоянии в течение многих лет.

Современные конвейерные системы обладают высокой производительностью за счет

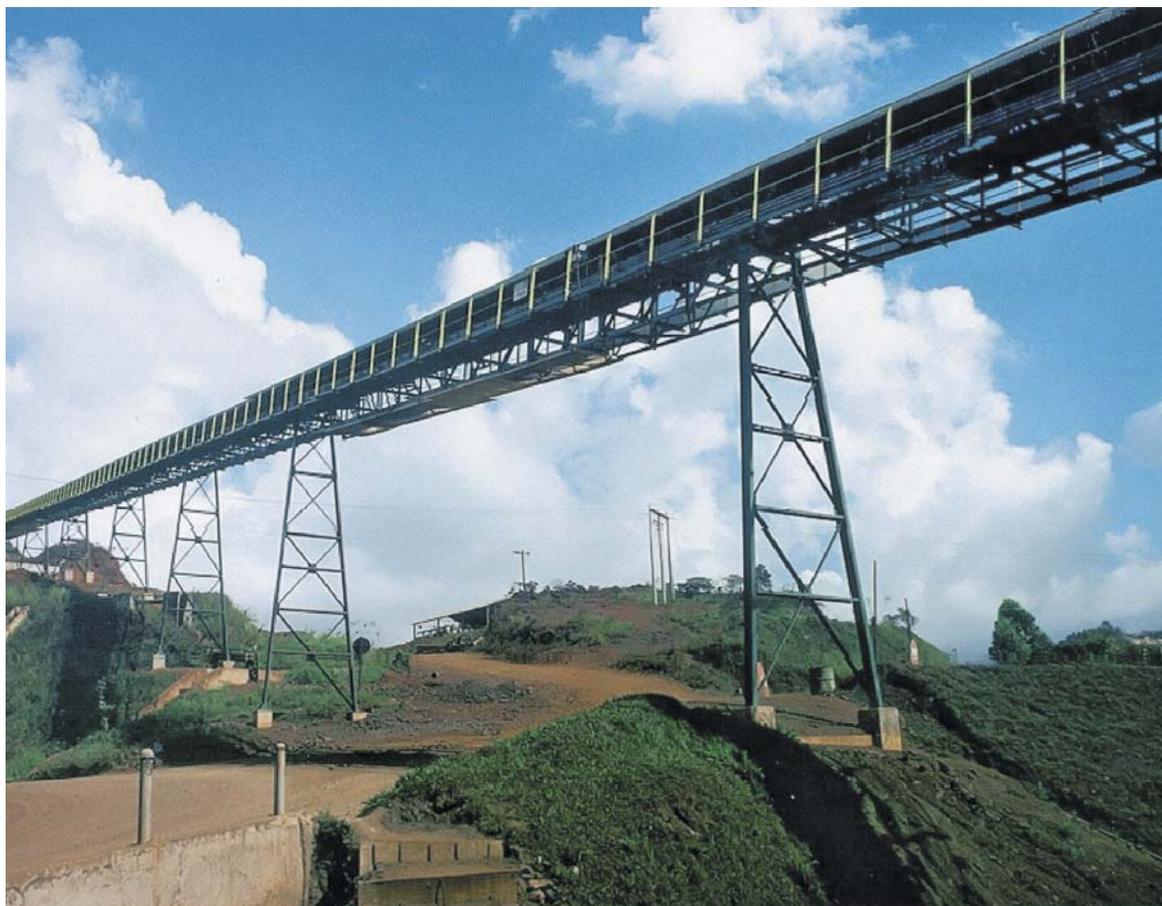


Рис. 5.
Магистральный конвейер – рудник «Alegria» в Бразилии

увеличенной скорости ленты. Прогресс в области компьютерных технологий, применяемых для проектирования конвейерных систем и перегрузочных станций, улучшает конструкцию и расширяет представление об основных конвейерных системах с учетом возросших объемов и скоростей.

При подземных разработках мягких пород и прокладке туннелей применение вспомогательных приводов разгрузочной тележки для уменьшения максимального натяжения лент и натяжения ленты на горизонтальных изгибах привело к значительному усовершенствованию самой конвейерной ленты. Сейчас рассматривается вопрос, как эта технология применима для открытых горных разработок, и в особенности для системы ЦПТ.

При применении более коротких модульных конвейерных систем следует уделить особое внимание потоку материала на перегрузочных станциях, с тем чтобы обеспечить требуемые объемы и достичь минимального износа конвейерной ленты. Современные средства моделирования потока материала, основанные на методе дискретного элемента, применяются для проектирования перегрузочных станций в системах ЦПТ (рис. 6).

Для успешной эксплуатации ЦПТ особое значение имеет правильность расположения и целесообразное перемещение полуперемещаемых дробильных установок, что и определяет пригодность системы для конкретных условий.

Обычные методы проектирования течек могут быть применены в тех случаях, когда ограничена высота свободного падения, при погрузке небольших объемов материала на ленту, при погрузке материала на ленту по направлению ее движения. Правильный расчет для сложных условий и применение вспомогательного оборудования гарантируют то, что течка сможет транспортировать требуемый объем, а повреждение и износ ленты и течи будут минимальными. Кроме того, возможно управление уровнем шума и запылением воздуха.

Заключение

В этой статье была предпринята попытка обсудить практические проблемы в горном деле.

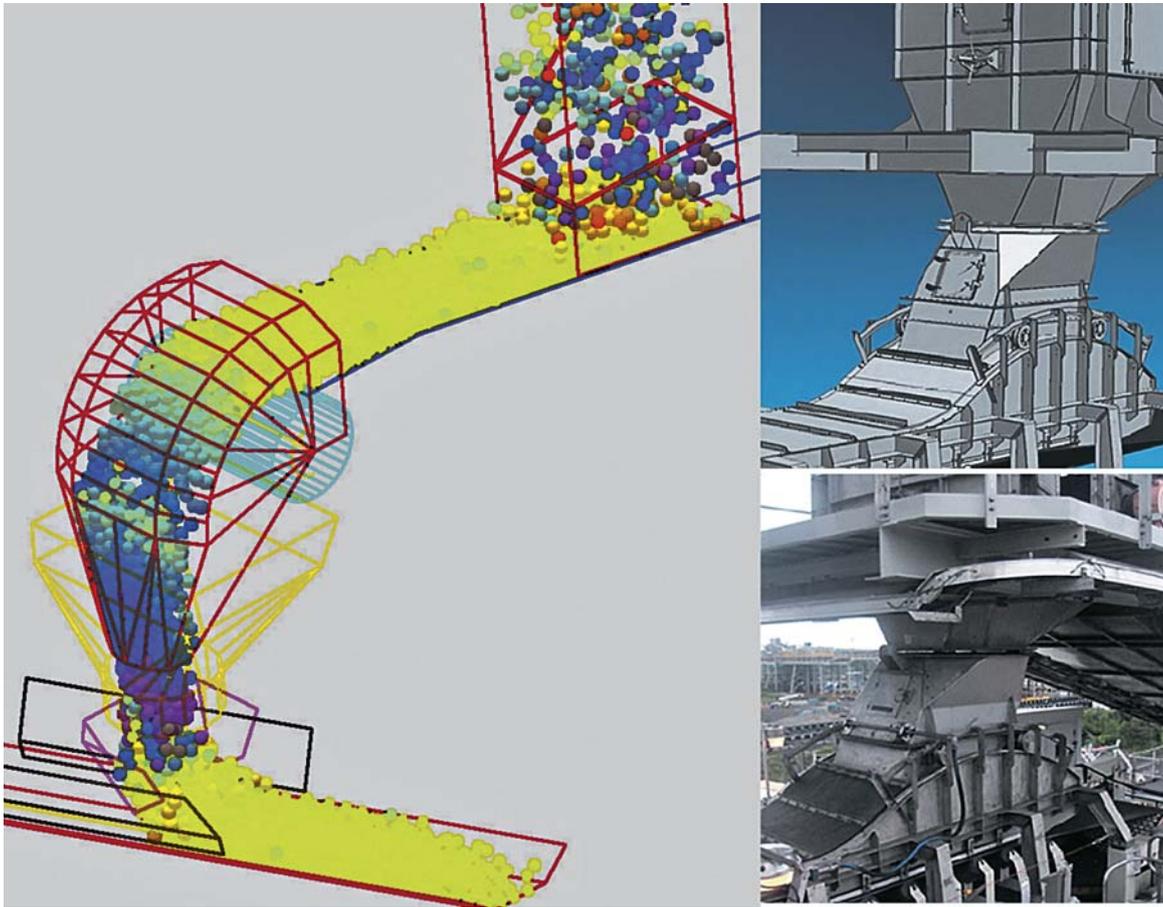


Рис. 6.
*Моделирование потока
 в перегрузочном
 желобе*

В результате чего были выдвинуты некоторые суждения по работе системы ЦПТ и показаны результаты выполненного анализа. Очевидно, что для многих технологических процессов система ЦПТ является более приемлемым вариантом, чем иные виды транспорта. Однако система ЦПТ не может полностью заменить автосамосвалы или ж.д. транспорт, за исключением тех случаев, когда выбор делают в пользу полностью мобильной дробильной системы. Общая тенденция направлена на применение полустационарных систем, которые сравнительно легко можно перемещать, но которые сохраняют независимость при погрузке и дроблении и позволяют продолжать добычу, когда дробильная система не работает или ее перемещают.

Капитальные затраты на систему ЦПТ достаточно высоки. Однако высокий уровень производительности по сравнению с применением циклического оборудования позволяет сократить количество автосамосвалов за счет расстояния транспортирования и соответственно сократить парк вспомогательного оборудования.

Эксплуатационные расходы на поточную систему транспортирования обычно на 40%

ниже в сравнении с применением автосамосвалов и зависят от расстояния перевозок, вертикального подъема и от соотношения между ценами на электричество и дизельное топливо.

Системы ЦПТ могут быть включены в работу рудников, спроектированных с применением программного обеспечения для оптимизации процесса автосамосвал – экскаватор. При этом требуется меньшая корректировка, чем предполагалось. Сложная задача заключается в том, чтобы изменить нашу мысленную парадигму относительно того, что здесь имеет место «потеря гибкости», и дать реалистическую оценку перед тем, как отвергнуть систему.

И, наконец, что касается выбросов углерода, то применение системы ЦПТ может понизить уровень выбросов CO_2 более чем на 50%. Этот фактор совместно с текущей ценой на дизельное топливо и с продолжающимся дефицитом на шины большого диаметра способствует более широкому применению карьерного дробления и конвейерной транспортировки в качестве приемлемого варианта в сравнении с вариантами применения автосамосвалов, как на новых, так и на существующих рудниках. 