

# Современные системы транспортировки полезных ископаемых и вскрышных пород

**А.А. Твердов**, к.т.н., горный инженер IEEC, **А.В. Жура**, к.э.н., консультант по экономике и маркетингу IEEC  
**С.Б. Никишичев**, к.э.н., директор IEEC

**В**ажным залогом обеспечения устойчивого функционирования и развития горнодобывающего предприятия служит стабильная и эффективная система транспортировки минерального сырья. Во многих случаях, транспортная цепочка «рудник - обогатительная фабрика - потребитель» является одним из наиболее ответственных процессов деятельности горного предприятия. Это также справедливо и для транспортирования вскрышных пород из карьера в отвал.

В составе полных затрат по добыче и переработке полезного ископаемого, затраты на транспорт являются одной из наиболее существенных составляющих. Так на открытых горных работах затраты на транспорт могут достигать до 40–50% в себестоимости добычи полезного ископаемого.

Такая существенная роль доказывает необходимость обоснования использования наиболее эффективной системы транспортирования, чему были посвящены работы многих российских и зарубежных учёных и инженеров-практиков.

Однако, зачастую полноценный и комплексный анализ оптимальной транспортной системы не проводится, а предпочтение того или иного вида транспорта определяется, главным образом, субъективным мнением отдельно взятого менеджера.

Достаточно серьёзные сложности при выборе оптимального вида транспорта обусловлены существенным скептицизмом в отношении малораспространённых в горной отрасли России видов транспорта. В частности, достаточно часто приходится сталкиваться с предвзятым отношением к конвейерным системам транспортировки, особенно наземного расположения. Доводы об объективных экономических преимуществах этого вида транспорта перекрываются сомнением в эффективности его работы в зимних условиях России. И здесь важно учитывать опыт предприятий смежных отраслей горнодобывающей промышленности. Например, сложные конвейерные шахтные и наземные системы имеют гораздо большее распространение на угледобывающих предприятиях, чем на рудных.

Техника и технологии в горнодобывающей промышленности за последние 20 лет по мере развития научно-технического прогресса, существенно изменились. Это же касается и транспортных систем, и, несмотря на сложности внедрения новых технологий, они постепенно получают всё большее распространение.

Можно сказать, что, на настоящий момент, однозначно приоритетных транспортных систем нет и быть не может. При выборе оптимальной системы транспортирования для конкретного предприятия следует учитывать целый комплекс факторов, охватывающих экономические показатели и технические характеристики, во многом определяющие функциональность транспортной системы. Очень часто оптимальным является последовательное сочетание различных систем.

К факторам, оказывающим наибольшее влияние на выбор транспортной системы горнодобывающего предприятия, следует отнести:

- рельеф и другие особенности района строительства (экологические аспекты, застройка, наличие природных и искусственных водных объектов и т.д.);
- расстояние транспортирования;
- объёмы транспортирования и тип грузов;
- ритмичность грузопотоков;
- фактически имеющаяся промышленная и транспортная инфраструктура;
- потребность в персонале;
- операционные затраты;
- капитальные затраты;
- суммарные приведенные затраты по проекту (дисконтированная накопленная сумма затрат, связанная с функционированием транспортной системы).

Обычно, только полный анализ всех указанных выше факторов, позволяет сделать обоснованный выбор в пользу той или иной транспортной системы. Хотя, в некоторых случаях, отдельно взятый фактор является критичным и определяющим для принятия окончательного решения. Так, например, очень сильный перепад высот, гористая местность часто является главным ограничителем для строительства технологической железной дороги для карьера или рудника.

**IMC Montan**

**Консультационные услуги для горнодобывающей и перерабатывающей промышленности**

**Горно-геологический аудит  
Отчет компетентного лица (CPR/MER),  
оценка запасов, Due Dilligence**

**Технический консалтинг  
технико-экономические обоснования  
(Feasibility Studies), развитие  
горных компаний, оптимизация  
горных работ**

**Социально-экономические проекты**

[www.imcmontan.ru](http://www.imcmontan.ru)

Мы будем рады встретить вас  
125047, Москва, ул. Чайнова, 22 стр. 4  
тел. +7 (499) 250 67 17  
факс: +7 (499) 251 59 62  
e-mail: consulting@imcgroup.ru

IEEC (ООО "Ай.И.И.Си") Россия  
IMC (IMCCCL) Великобритания  
DMT GmbH & Co. KG Германия  
WYG International (WYG Plc) Инженерная группа (WYG Plc) Великобритания

К числу основных конкурирующих технологических транспортных систем, возможных для применения на горном предприятии, рассматриваются: железнодорожный транспорт, подвесные воздушно-канатные дороги, конвейерный и автомобильный транспорт. Ниже приводятся основные характеристики, экспертная оценка и экономический анализ эффективности использования этих видов транспорта.

### Железнодорожный транспорт

Железная дорога – самая надёжная транспортная система, с наибольшим уровнем распространённости на предприятиях России. Следует отметить, что надёжность – очень важный фактор, так как сбой транспортной системы может отразиться на выручке по текущим контрактам, и даже привести к потере доли рынка. В большинстве случаев, железнодорожная система является практически безальтернативной при транспортировании больших объемов грузов на расстояниях, превышающие 50–100 км.

Основные недостатки железнодорожного транспорта заключаются в высоких капитальных затратах и длительных сроках строительства.

Железнодорожная система транспортировки имеет следующие основные характеристики:

- Железная дорога надёжна в эксплуатации. Локомотивы и подвижной состав, могут быть поставлены в ремонт с заменой оборудования без снижения пропускной способности системы.
- Железнодорожный транспорт более устойчив к попыткам преднамеренного повреждения. Состояние и характеристики системы легко контролируются.
- Многофункциональность. Кроме основного груза ж/д транспорт позволяет перевозить крупногабаритные грузы в обе стороны, например горное оборудование.
- Большой срок эксплуатации без капитального ремонта.
- Строительство ж/д путей влечет значительное нарушение ландшафта местности.
- Сложности преодоления крутых уклонов, часто становятся ограничивающим фактором для использования в гористой местности и на глубоких горизонтах карьеров.
- Очень высокие удельные капитальные затраты, приходится на километр пути и средние операционные затраты.

Средние операционные затраты на перевозку железнодорожным транспортом насыпных грузов в настоящее время в России составляют 1.5–2.5 руб./т·км.

### Конвейерный транспорт

Существуют несколько видов конвейерных транспортных систем, которые могут использоваться для перевозки полезных ископаемых:

- Традиционный конвейер с прямолинейной трассой транспортирования груза: длина каждого участка – до 4–5 км; угол наклона 10–12° (1/5.7...1/4.7). В данных системах в движение приводится непосредственно конвейерная лента, при этом расстояние перевозки и угол наклона конвейера ограничиваются мощностью приводных станций. Лидерами в области являются компании международные компании Continental Conveyor и H+E Logistik GmbH, а также российские производители ООО «СибТрансУголь» (на базе НПО «Сибсельмаш»), ОАО «Транспортные Системы», ЗАО «Сибирская Машиностроительная Компания», ОАО «ОМТ», украинские производители и другие.
- Изгибающийся канатно-ленточный конвейер, для которого движущее усилие осуществляется лентой, передви-



гающей по стальным канатам. Одним из лидеров по производству данного типа конвейерных систем является компания Metso Minerals;

- Канатно-ленточный конвейер типа RopeCon (или аналог), аналогичный вышеописанному изгибающемуся конвейеру, но при размещении на опорах. Одним из лидеров данного типа конвейерных систем является компания Doppelmaug (Австрия).

Конвейерный транспорт состоит из блоков приводов, механизма натяжения, конвейерного става, конвейерной ленты и механизма обратного хода. Производительность конвейерной системы определяется, главным образом, мощностью приводов (скоростью движения конвейерной ленты), шириной ленты и надёжностью системы.

В суровых климатических условиях конвейер может быть размещен внутри галереи, стоящей на опорах на высоте, определяемой рельефом местности.

Современные конвейерные системы позволяют преодолевать большие уклоны и обеспечивать перевозку в обоих направлениях без необходимости использования промежуточных приводных блоков. Конвейерная система пригодна для эксплуатации на пересеченной местности и дает возможность преодолевать ручьи и речки, долины, имея расстояние между опорами до 200–300 м и более.

Конвейерный транспорт имеет следующие общие характеристики:

- Работает фактически непрерывно и обслуживается небольшим количеством персонала.
- Оборудование отчасти уязвимо с точки зрения преднамеренных повреждений.
- Ремонт и техобслуживание могут привести к полной остановке транспортировки минерального сырья. Тем не менее, современное конвейерное оборудование очень надежно при обеспечении хорошего технического содержания.
- Незначительный объем земляных работ для установки конвейерных конструкций.
- Незначительное негативное воздействие на окружающую среду.
- Невозможность транспортирования крупногабаритных грузов.
- Возможность преодолевать крутые уклоны на карьерах и в гористой местности.
- Ограничения по кусковатости – максимум 300–350 мм.
- Характеризуется средними удельными капитальными затратами, приходится на километр трассы и низкими операционными затратами.

В традиционной системе конвейерного транспорта движущее усилие на ленту передается через верхние и нижние

ролики, смонтированные на продольной балке. Из-за ограничения длины, иногда приходится иметь несколько точек пересыпа. В среднем, скорость движения конвейерной ленты составляет 1.5–3.5 м/с. Однако существуют специально разработанные конвейеры с существенно большей скоростью движения ленты. Например, конвейер угольной компании «Калтим-Прима» (Индонезия), позволяет транспортировать уголь со скоростью 8.48 м/с, обеспечивая производительность 4500 т/ч.

По капитальным и операционным затратам традиционный конвейерный транспорт уступает более прогрессивным и производительным канатно-ленточным конвейерам, ведущими производителями которых являются компании Metso Minerals и Doppelmaur.

В системе канатно-ленточных конвейеров основное тяговое усилие для движения ленты передается через стальные канаты.

Канатно-ленточные конвейеры характеризуются следующими преимуществами:

- Высокая надёжность – т.к. тяговое усилие передается на стальные канаты, а не на ленту конвейера.
- Невысокие капитальные затраты.
- Низкие эксплуатационные затраты.
- Низкая установленная мощность.
- Радиус кривых в плане – до 400 м.
- Возможность транспортировки в двух направлениях.
- Длина одного участка – до 50 км.
- Высокая производительность – до 8000 т/ч (традиционные конвейеры работают с производительностью до 4000 т/ч).

Системы канатно-ленточных конвейеров имеют многочисленные примеры успешного применения на предприятиях горной отрасли, при плечах транспортирования в нескольких десятках километров.

Канатно-ленточные конвейеры могут прокладываться как непосредственно по рельефу трассы (на рамных конструкциях), так и на опорах.

К конкурирующей системе транспорта канатно-ленточным конвейерам относится система RailCon – прогрессивная разработка компании Doppelmaur. Система RailCon, по сути, – это дальнейшее развитие системы канатно-ленточных конвейеров, отличающаяся рядом конструктивных особенностей.

В системе RailCon плоская лента с боковыми гофрированными бортами и интегрированными колёсными парами движется по рельсам. Тяговую функцию при транспортировании руды выполняет комбинация «рельсы-ролики-лента».

Погрузка руды на ленту осуществляется через питающий рукав и подводный конвейер. На лежень, на определённом расстоянии монтируются рамы, которые несут верхнюю и нижнюю пару рельс.

Конвейерная система прокладывается на рамных конструкциях вдоль трассы, с расстоянием между рамами 4–6 м. Рамы поднимают конвейер на высоту до 2 м от земли. На участках сложного рельефа положение конвейера от земли регулируется высотой промежуточных опор, на которых крепится рама.

В системе отсутствуют достаточно капиталоемкие канаты и при аналогичных условиях она характеризуется меньшими операционными и капитальными затратами. Надёжность системы также считается несколько выше.

Недостатком системы является большая требовательность к прямолинейности трассы. При достаточно большом количестве изгибов, преимущества системы утрачиваются, требуя строительства обводных станций, что увеличивает ка-

питальные вложения. К дополнительному недостатку системы относится отсутствие (в отличие от систем с канатно-ленточными конвейерами) примеров промышленного внедрения на горных предприятиях.

### **Подвесные канатные дороги**

В качестве альтернативы конвейерному транспорту при сложном рельефе местности используют подвесные канатные дороги (ГПКД). В течение многих лет они используются для перевозки грузов от горных предприятий до перерабатывающих цехов. Подвесная канатная дорога обладает большими преимуществами на участках со сложным рельефом местности, так как она не требует больших объёмов строительства, необходимых в вариантах железной дороги и наземных конвейерных линий.

Системы ГПКД имеют следующие основные характеристики:

- Возможность транспортировки сыпучих материалов, крупногабаритных грузов и людей.
- Могут перевозить грузы разного типа, но в целях предотвращения взаимного засорения перевозимых грузов требуется создавать отдельные погрузочные и разгрузочные пункты.
- Работают почти непрерывно и обслуживаются небольшим количеством персонала.
- Ограниченная производительность одной линии канатной дороги.
- Оборудование трудно повредить преднамеренно.
- Крупные ремонты и техобслуживание линий могут привести к полной остановке транспортной системы.
- Объём земляных работ минимален. Система пригодна для эксплуатации на пересеченной местности и позволяет доставлять грузы, пересекая реки, ручьи и долины, имея расстояние между опорами 200–300 м.
- По подвесной дороге может перемещаться вагон для персонала, осуществляющего осмотр конструкций, что исключает необходимость строительства специальных подъездных дорог для обслуживания линий.
- Ограничения по кусковатости перевозимых грузов – до 600–700 мм.
- Невысокая нагрузка на окружающую среду.
- Эффективность при использовании в холмистой и горной местности с крутыми склонами и лесными долинами, а также перевозка грузов через реки и ручьи.
- Прокладка по кратчайшему маршруту.
- Низкая зависимость от климатических условий.
- Использование крытых вагонеток.
- Проектная грузоподъёмность вагонетки – до 40 т.
- Пролёты между опорами – до 1500 м.
- Длина одного участка – до 10 км.
- Наклон трассы – до 45°.
- Характеризуется средними удельными капитальными затратами, приходящимися на километр трассы и низкими операционными затратами.

Подвесные канатные дороги в России были построены и установлены в 1960–1980 гг. и до сих пор успешно эксплуатируются. К существенному недостатку данного вида транспорта следует отнести небольшую их производительность (не более 250 т/ч, что соответствует 1.5–2 млн. т в год).

### **Автомобильный транспорт**

Автомобильный технологический транспорт – это наиболее простая система доставки грузов. Первоначальный объём капитальных затрат на строительство технологической автодо-

