

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Приведена методика и результаты сравнительного анализа энергозатрат для различных видов карьерного транспорта.

Наведена методика та результати порівняльного аналізу енерговитрат для різних видів кар'єрного транспорту.

The method and results of a comparative analysis of energy consumption for various quarry transport.

В современных условиях роста стоимости топливно-энергетических ресурсов особую актуальность приобретает оценка энергетической эффективности промышленных технологий. Расход энергии является универсальным показателем, определяющим, в конечном итоге, эффективность всего производства. Особое значение энергетический анализ имеет для горной промышленности, характеризующейся значительной удельной энергоемкостью по сравнению с другими отраслями. Энергетический подход при оценке эффективности процессов и технологий открытых горных работ нашел отражение в исследованиях многих ученых [1–3].

Карьерный транспорт по трудоёмкости и затратам относится к одному из основных технологических процессов горного производства. Доля карьерного транспорта в себестоимости добычи полезного ископаемого достигает 35–50%, а иногда и более до 60–70%, а удельный вес транспорта в трудоёмкости открытой добычи составляет 40–60% всех трудовых затрат на карьере. При этом эксплуатационные расходы на транспорт в значительной мере зависят от энергозатрат. Поэтому показатель энергозатрат на транспортирование грузов на открытых горных работах значительно влияет на выбор вида карьерного транспорта.

В этой связи сопоставительный анализ энергозатрат на доставку горной массы различными видами карьерного транспорта является актуальной научной задачей, а её решение позволяет выбирать наиболее эффективный вид транспорта для определенных горнотехнических условий.

Целью работы является определение энергетической эффективности современных видов карьерного транспорта в зависимости от условий их эксплуатации.

Для сопоставления были приняты наиболее перспективные для глубоких карьеров виды карьерного транспорта: железнодорожный, автомобильный (грузовые автомобили), конвейерный (конвейер ленточный стандартный, конвейер трубчатый, конвейер крутонаклонный с прижимной лентой) и конвейерный поезд.

Исходя из основных функций транспорта глубоких карьеров, в качестве критерия может быть принята величина удельных затрат энергии на подъем 1 т горной массы из карьера на высоту 1 м.

Определим полные энергозатраты с учётом потерь в установках, генерирующих и преобразующих энергию. Работа по доставке груза определяется по выражению:

$$A = \frac{P \cdot S}{\eta}, \text{ Нм (дж)},$$

где  $P$  – сила необходимая для перемещения груза, Н;  $S$  – длина пути, на котором действует постоянная сила, м;  $\eta$  – коэффициент полезного действия (кпд) всех устройств, преобразующих исходный вид энергии в механическую работу перемещения груза.

В общем виде значение силы  $P$  определяется из выражения:

$$P = G_o \cdot (\sin\alpha + f \cdot \cos\alpha), \text{ Н}$$

где  $G_o$  – общая величина перемещаемого груза;  $f$  – коэффициент сопротивления движению груза (значение коэффициента сопротивления приведено в табл. 1 [4]).

Общая величина перемещаемого груза предусматривает перемещение собственно груза (горной массы) и перемещение тары

$$G_o = G_{zp} \cdot (1 + K_T),$$

где  $G_{zp}$  – вес полезного груза;  $G_T$  – вес тары;  $K_T$  – коэффициент тары  $K_T = \frac{G_T}{G_{zp}}$ .

Для различного вида карьерного транспорта существуют различные значения  $K_T$  (табл. 2).

Таблица 1

Значения коэффициентов сопротивления движению грузов для различных видов транспорта

Наименование транспорта и пути	Коэффициент сопротивления
Автомобиль по дорогам карьера	0,06
Конвейерный поезд по железнодорожному пути с приводом от линейного двигателя	0,015
Конвейерный поезд по железнодорожному пути с фрикционным приводом	0,027
Конвейер стандартный	0,04
Конвейерный трубчатый	0,05
Конвейер КНК с прижимной лентой	0,06
Железнодорожный транспорт с тяговым агрегатом	0,005

Таким образом, в зависимости от вида транспорта при одинаковой величине полезной нагрузки общая величина перемещаемого груза будет равна:

железнодорожный транспорт	$G_{ож} = 1,46 \cdot G_{zp}$
автомобильный транспорт	$G_{оа} = 1,73 \cdot G_{zp}$
конвейерные поезда	$G_{окп} = 1,45 \cdot G_{zp}$
конвейеры стандартные	$G_{окс} = 1,11 \cdot G_{zp}$
конвейеры трубчатые	$G_{окт} = 1,22 \cdot G_{zp}$
конвейеры крутонаклонные (КНК) с прижимной лентой	$G_{окл} = 1,25 \cdot G_{zp}$

С учетом всех устройств, преобразующих исходный вид энергии в механическую работу перемещения груза, определим общий КПД рассматриваемых видов транспорта.

*КПД железнодорожного транспорта:*

$$\eta_{ж.д.} = \eta_{эс} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_{мех} ,$$

где  $\eta_{эс}$  – кпд тепловой электростанции;  $\eta_{тр}$  – кпд трансформаторной подстанции;  $\eta_{эдс}$  – кпд электродвигателя;  $\eta_{мех}$  – кпд механической трансмиссии.

*КПД автомобильного транспорта:*

$$\eta_{а.о.} = \eta_{э} \cdot \eta_{мех} ,$$

где  $\eta_{э}$  – эффективный кпд дизельного двигателя;  $\eta_{мех}$  – кпд механической трансмиссии.

*КПД конвейерного транспорта:*

$$\eta_{к} = \eta_{эс} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_{мех} ,$$

*КПД конвейерного поезда*

а) кпд конвейерного поезда с фрикционным приводом:

$$\eta_{к.л.ф.} = \eta_{эс} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эдс} \cdot \eta_{мех} ;$$

б) кпд конвейерного поезда с линейным электродвигателем:

$$\eta_{к.л.л.} = \eta_{эс} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эдл} ,$$

где  $\eta_{эдл}$  – кпд линейного электродвигателя.

Значения КПД для различных видов транспорта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты тары и КПД различных видов транспорта

Наименование транспорта	Коэффициент тары	КПД
Железнодорожный транспорт	0,46	0,246
Автомобили грузовые	0,73	0,297
Конвейерный поезд с фрикционным приводом	0,45	0,332
Конвейерный поезд с линейным электродвигателем		0,234
Конвейер ленточный стандартный	0,11	0,332
Конвейер трубчатый	0,22	0,326
Конвейер крутонаклонный с прижимной лентой	0,25	0,311

Определим значение работы, затрачиваемой на вертикальный подъём 1кг веса полезного груза на высоту 1м, для различных видов транспорта, принятых к рассмотрению (табл. 3).

## Работа, затрачиваемая на вертикальный подъём

Наименование транспорта	Общий вес, кг	Работа подъёма на 1м, дж
Автомобиль-самосвал	1,73	17,01
Конвейерный поезд	1,45	14,22
Конвейер стандартный	1,11	10,88
Конвейер трубчатый	1,22	11,96
Конвейер КНК с прижимной лентой	1,25	12,26

В зависимости от угла подъёма пути определим значение работы, затрачиваемой на преодоление сопротивления пути при подъёме 1кг веса полезного груза на высоту 1м (табл. 4). Графики зависимостей расхода энергии от угла подъёма пути различными видами транспорта представлены на рис. 1.

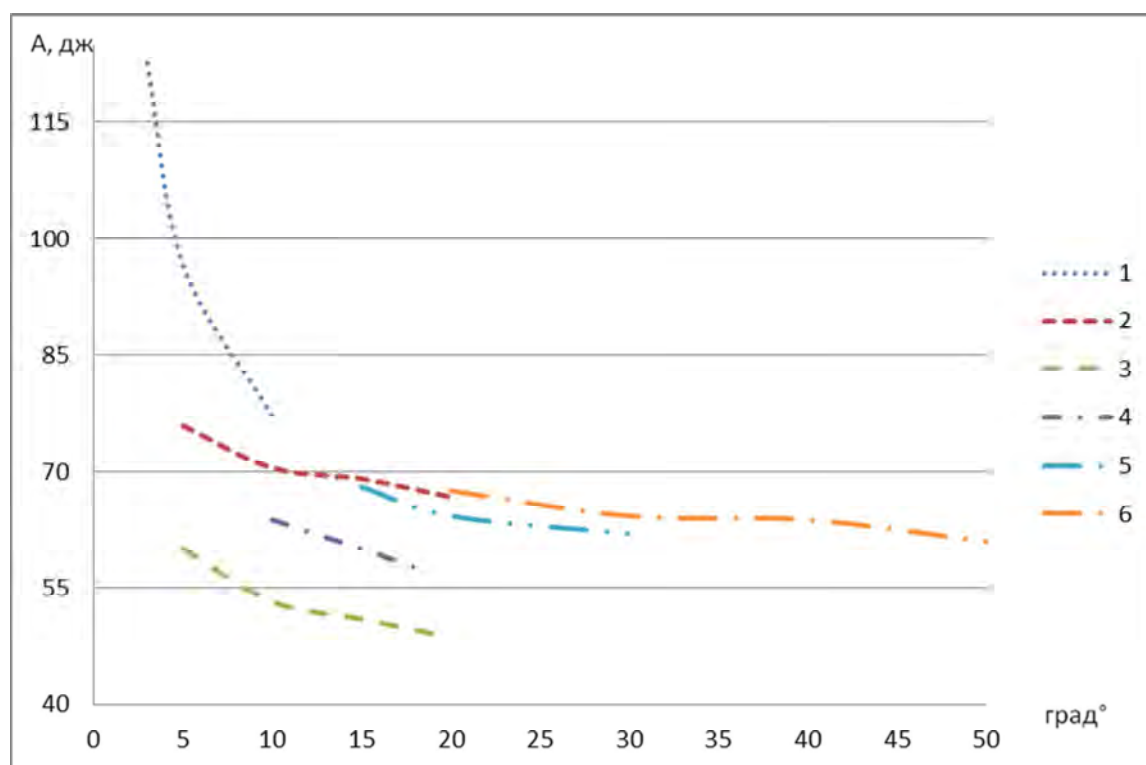


Рис. 1. Расход энергии на доставку 1кг полезного груза на высоту 1м различными видами транспорта: 1– автосамосвалы; 2 – конвейерный поезд с линейным двигателем; 3 – конвейерный поезд с фрикционным приводом; 4 – конвейер стандартный; 5 – конвейер трубчатый; 6 – конвейер КНК с прижимной лентой

Анализируя результаты расчётов, отметим, что наименее энергоёмка доставка горной массы обычным конвейером, однако сложности, связанные с размещением конвейеров большой протяжённости по бортам глубоких карьеров, а так-

же значительные расходы на эксплуатационное обслуживание линий большой протяжённости обусловили появление конструкций крутонаклонных конвейеров.

Таблица 4

Энергия расходуемая на доставку полезного груза

Наименование транспорта	Угол подъёма пути, град	Длина пути $1/\sin \alpha$ , м	Сопротивление движению $G_0 \cdot f \cdot \cos \alpha$ , Н	Работа преодоления сопротивления, дж	Суммарная работа, $\Sigma A$ , дж	Потребляемая энергия $\Sigma A/\eta$ , дж
железнодорожный транспорт	2	28,6	2,03	58,24	72,45	288
	3	19,1	1,35	25,93	40,14	160
	5	11,5	0,78	8,97	23,18	92
автомобильный транспорт	3	19,1	1,02	19,48	36,5	122,5
	5	11,5	1,01	11,62	28,8	96,6
	10	5,8	1,00	5,80	23,0	77,2
конвейерный поезд с линейным двигателем	5	11,5	0,21	2,42	16,7	75,9
	10	5,8	0,21	1,22	15,5	70,5
	15	3,9	0,20	0,78	15,2	69,1
	20	2,9	0,20	0,58	14,7	66,8
конвейерный поезд с фрикционным приводом	5	11,5	0,21	2,42	18,6	60,0
	10	5,8	0,21	1,22	16,5	53,2
	15	3,9	0,20	0,78	15,8	51,0
	20	2,9	0,20	0,58	15,1	48,7
конвейер стандартный	10	5,8	0,43	2,49	13,4	63,8
	15	3,9	0,42	1,64	12,6	60,0
	18	3,2	0,41	1,31	12,1	57,6
конвейер трубчатый	15	3,9	0,58	2,26	14,3	68,1
	20	2,9	0,56	1,62	13,5	64,3
	30	2,0	0,52	1,04	13,0	62,0
конвейер КНК с прижимной лентой	20	2,9	0,69	2,00	14,2	67,6
	30	2,0	0,64	1,28	13,5	64,3
	40	1,6	0,56	0,90	13,4	63,8
	50	1,3	0,47	0,61	12,8	61,0

Исходя из полученных результатов, крутонаклонные конвейеры по энергозатратам превышают стандартные конвейеры на 6 %, как видно из табл. 4, а также требуют меньше затрат энергии, как видно из рис. 1, и позволяют сосредоточить транспортную магистраль на весьма ограниченном участке карьерного пространства. А конвейеры трубчатые (при угле наклона до 30°) и модульные крутонаклонные с прижимной лентой (угол наклона до 60° и высота доставки в одном ставе до 110 м) предпочтительны с точки зрения быстрого освоения и минимального количества горно-капитальных работ.

#### Список литературы

1. Сорокин Л. А. Энергетическая оценка средств карьерного транспорта//Проблемы разработки месторождений глубокими карьерами: Тез. Докл. Междунар. конфер. – Челябинск: НИИОГР, 1996. – С. 89–90.
2. Пригунов А.С. Исследование взаимосвязи параметров электропотребления комплексов машин непрерывного действия с основными параметрами технологических схем // Механика и технология открытых горных работ. – К.: Наукова думка, 1978. – С.156 – 161.
3. Тангаев И.А. Энергоёмкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 231 с.
4. Справочник. Открытые горные работы/ К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Винницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994, 590 с.: ил.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ширінім Л.Н.  
Надійшла до редакції 29.10.2012*

УДК 622.625.28

© А.В. Денищенко, О.О. Юрченко, В.В. Новосельцев

### **ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Проведен анализ основных геометрических несовершенств шахтного рельсового пути и их влияния на эксплуатационные характеристики подвижного состава локомотивного и канатного рельсового транспорта. Предложены новые технические решения по совершенствованию шахтной измерительной техники.

Проаналізовано основні геометричні недосконалості шахтного рельсового шляху та їх вплив на експлуатаційні характеристики рухомого складу локомотивного та канатного транспорту. Запропоновані нові технічні рішення щодо удосконалення шахтної шляховимірювальної техніки.

The basic geometric imperfections of underground rail track and its impact on operational characteristics of locomotive and rope rail transport are analyzed. The new technical solutions for improving mine measuring equipment are offered.

Несмотря на масштабное внедрение конвейеризации на отечественных угольных шахтах роль рельсового транспорта, в котором эксплуатируются более 3000 электровозов и 150000 вагонеток, остается значительной. Кроме локомотивного транспорта для обеспечения грузопотоков горной массы, оборудования, материалов и людей, особенно на знакопеременном профиле пути, широко используются рельсовые канатные напочвенные дороги.

Подвижный состав рельсового транспорта в процессе движения испытывает динамические воздействия, которые приводят к повышению сопротивления движению, снижению производительности, устойчивости и долговечности транспортных средств. Исследованиями [1] установлено, что основными источниками возмущающего воздействия на подвижной состав является изменение геометрии рельсового пути.