



УДК 622.063.88

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНОВ АВТОДОРОГ НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРА ПАО «ПОЛТАВСКИЙ ГОК»

К.М. Басс<sup>1</sup>, В.В.Кривда<sup>2</sup>, В.И. Бышевский<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат технических наук, заведующий кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [BassKM@yandex.ru](mailto:BassKM@yandex.ru)

<sup>2</sup>аспирант кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [vitaliy.krivda@yandex.ru](mailto:vitaliy.krivda@yandex.ru)

<sup>3</sup>студент группы ГРмм-12-9, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [as19955@rambler.ru](mailto:as19955@rambler.ru)

**Аннотация.** В работе проведено экономическое исследование влияние применения усовершенствованных конструкций автосамосвалов в карьере, а также обоснование перехода на повышенный продольный уклон автодорог на сокращение технологического объема необходимых вскрышных работ.

*Ключевые слова:* карьерный автосамосвал, продольный уклон автодороги

## SUBSTANTIATION OF INCREASING THE LONGITUDINAL SLOPES ON THE EXAMPLE OF CAREER PJSC "POLTAVA MINING"

К.М. Bass<sup>1</sup>, V.V.Krivda<sup>2</sup>, V. Bishevksy<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D., head of the department automobile and automobiles economy, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [BassKM@yandex.ru](mailto:BassKM@yandex.ru)

<sup>2</sup> Postgraduate of the Department automobiles and automobile economy, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [vitaliy.krivda@yandex.ru](mailto:vitaliy.krivda@yandex.ru)

<sup>3</sup>Student, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [as19955@rambler.ru](mailto:as19955@rambler.ru)

**Abstract.** In this paper we conducted economic study of influence of application of improved designs of dump trucks in the pit. as well as the justification for the transition to higher longitudinal gradient of roads to reduce the amount of necessary technological stripping operations.

*Keywords:* mining dump truck, the longitudinal slope of the road

**Введение.** Одной из наиболее актуальных проблем разработки крутопадающих месторождений полезных ископаемых открытым способом является дополнительный разнос бортов карьеров для размещения вскрывающих выработок, где объем составляет десятки миллионов кубо-



метров вскрышных пород. В первую очередь это обусловлено тем, что размещение вскрывающих выработок ведет к выполаживанию бортов карьера по сравнению с их устойчивыми значениями. Это характерно для карьеров с небольшой длиной дна, в которых уменьшение протяженности уступов с глубиной происходит наиболее интенсивно.

**Цель работы.** Повышение экономических показателей открытого способа разработки.

**Материал и результаты исследований.** Увеличение уклонов автодорог позволяет сократить дополнительной разнос бортов и повысить экономические показатели открытого способа разработки [1].

В качестве методической основы расчета и технико-экономического обоснования величины продольных уклонов карьерных автодорог были использованы «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов...» [2, 3].

Капитальные затраты, связанные с основным процессом транспортирования горной массы следует рассчитывать как

$$Z^K = Z^K_A + Z^K_{РЕМ} + Z^K_{ДОР} + Z^K_{СО} + Z^K_{ГК.Р}, \quad (1)$$

где  $Z^K_A$  – капитальные затраты на приобретения подвижного состава автомобильного транспорта;  $Z^K_{РЕМ}$  – капитальные затраты на ремонтно-техническую базу;  $Z^K_{ДОР}$  – капитальные затраты на строительство и поддержания автомобильных дорог;  $Z^K_{СО}$  – капитальные затраты в сферу обслуживания населения;  $Z^K_{ГК.Р}$  – капитальные затраты на горно-капитальные работы и реконструкцию транспортных коммуникаций.

Капитальные затраты на приобретения подвижного состава определяются по формуле:

$$Z^K_A = C_A \cdot N_{И} , \quad (2)$$

где  $C_A$  – стоимость базового автосамосвала усовершенствованной конструкции [4], тыс. грн.;  $N_{И}$  – инвентарный парк технологического автотранспорта, ед.

Капитальные вложения в ремонтно-техническую базу

$$Z^K_{РЕМ} = k'_Г \cdot k_a \cdot N_{И} , \quad (3)$$

где  $k'_Г$  – капитальные затраты на строительство гаража на один списочный автосамосвал;  $k_a$  – коэффициент учитывающий количество автомобилей в хозяйстве (табл.1).

Таблица 1 – Значение коэффициента  $k_a$

Количество автомобилей, шт.	50	100	150	200	250
Коэффициент $k_a$	1,5	1,25	1,1	1	0,9



Капитальные затраты на строительство постоянных дорог

$$Z^K_{ДОР} = k'_{ДОР} \cdot L_{П.ДОР} , \quad (4)$$

где  $k'_{ДОР}$  – капитальные затраты на строительство 1 км автомобильной дороги, тыс. грн.;  $L_{П.ДОР}$  – протяженность автомобильных дорог, км.

Капитальные затраты в сферу обслуживания населения

$$Z^K_{СО} = (k_C + k'_Г) \cdot k_Ж \cdot N , \quad (5)$$

где  $k_C$  – стоимость объектов жилищного и гражданского строительства на одного трудящегося в основных отраслях производства,  $k_C=8,2$  тыс.грн.;  $k'_Г$  – капитальные затраты на городской транспорт, заготовительно-снабженческие объекты на одного трудящегося, тыс. грн., (по данным предприятий  $k'_Г = k_C \cdot 0,2$ );  $k_Ж$  – коэффициент численности жителей, приходящихся на одного работающего в основном производстве;  $N$  – численность трудящихся, занятых в транспортном процессе.

Затраты на горно-капитальные работы

$$Z^K_{ГК.Р} = V_{ГК.Р} \cdot C_{ГК.Р} , \quad (6)$$

где  $V_{ГК.Р}$  – объем горно-капитальных работ, м3;  $C_{ГК.Р}$  – себестоимость горно-капитальных работ, грн/м3.

Годовые эксплуатационные затраты (Э, тыс. грн.) по каждому варианту

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_Т + \mathcal{E}_В , \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}_Т$  - эксплуатационные затраты на автотранспорт по рассматриваемому варианту на  $t$ -ом шаге расчета (в  $t$ -ом году), тыс. грн.;  $\mathcal{E}_В$  — эксплуатационные затраты на выемку вскрыши по рассматриваемому варианту на  $t$ -ом шаге расчета, тыс. грн.

Эксплуатационные затраты на выемку вскрыши определяются технологической схемой перехода на повышенный уклон автодорог [4]

$$\mathcal{E}_В = C_В \cdot k_В \cdot V_В , \quad (8)$$

где  $C_В$  — себестоимость вскрыши в базовом году за исключение эксплуатационных затрат на автотранспорт, грн/м;  $V_В$  - объем выемки вскрыши в  $t$ -ом году по рассматриваемому варианту уклона, м3;  $k_В$  - коэффициент, учитывающий влияние глубины карьера на увеличение себестоимости вскрыши по отношению к базовому варианту.

Эксплуатационные затраты на автомобильный транспорт в  $t$ -ом году по рассматриваемому варианту рассчитывались по формуле

$$\mathcal{E}_Т = C_З + C_{ТОП} + C_{СМАЗ} + C_{АМ} + C_{Ш} + C_{РЕМ} + C_{Г.Х.} + C_{ЛОП} + C_О + C_Н , \quad (9)$$

где  $C_З$  - затраты на основную и дополнительную зарплату водителей;  $C_{ТОП}$ ,  $C_{СМАЗ}$  – затраты, соответственно, на дизельное топливо и смазочные материалы;  $C_{АМ}$  - амортизационные отчисления на полное восстановление



и капитальный ремонт автосамосвала;  $C_{\text{Ш}}$  – затраты на восстановление износа автошин;  $C_{\text{РЕМ}}$  – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт;  $C_{\text{Г.Х.}}$  – эксплуатационные расходы на содержание гаражного хозяйства;  $C_{\text{ДОР}}$  – эксплуатационные расходы на содержание и ремонт технологических карьерных автодорог;  $C_{\text{О}}$  – основные расходы в сфере обслуживания;  $C_{\text{Н}}$  – накладные расходы.

Основная и дополнительная зарплата водителей (тыс. грн.) оценивается как

$$C_3 = \Phi_A \cdot N_{\text{И}} \cdot K_{\text{СП}} \cdot K_{\text{Р}} \cdot \Pi_{\text{СМ}}, \quad (10)$$

где  $\Phi_a$  - годовой фонд заработной платы в расчете на одного водителя, тыс. грн.;  $k_{\text{СП}} = 1,1$  - коэффициент списочного штата водителей;  $k_{\text{Р}}$  - районный коэффициент к заработной плате.

Результаты расчета эксплуатационных затрат на выемку вскрыши (по формуле (8)) и эксплуатационных затрат на автомобильный транспорт (по формуле (7)) по рассматриваемой технологической схеме перехода на повышенный уклон автодорог представлен в графическом виде на рисунке 1.

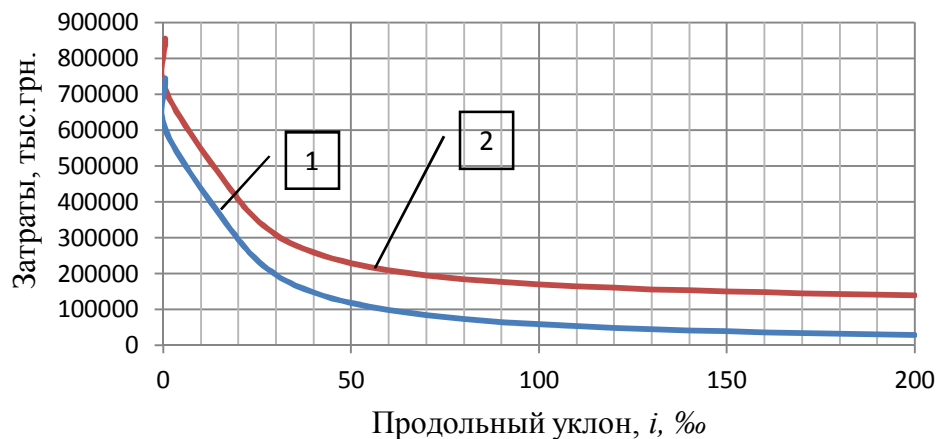


Рис. 1 – Зависимость годовых и эксплуатационных затрат от продольного уклона автомобильной дороги:

- 1 – Э, общие годовые эксплуатационные затраты, тыс.грн.;
- 2 – Эв, эксплуатационные затраты на выемку вскрыши по рассматриваемому варианту, тыс. грн.

По данным железорудных карьеров, на основную и дополнительную заработную плату, накладные расходы принимаются в размере 80 % годовых затрат.

Годовые эксплуатационные расходы на дизельное топливо (грн.) определяются как

$$C_{\text{ТОП}} = Q_{\text{Г}} \cdot P_{\text{Г}}, \quad (11)$$



где  $Q_{г}$  — годовой расход топлива по парку автосамосвалов, кг;  $p_{т}$  — стоимость дизельного топлива, грн/кг.

Затраты на смазочные материалы принимаются в размере 30% затрат на дизельное топливо (данные с ПАО «Полтавский ГОК»).

Амортизационные отчисления на полное восстановление и капитальный ремонт подвижного состава (тыс. грн.) рассчитываются по формуле

$$C_{AM} = (C_A - C_{AШ}) \cdot (A_B + A_{РЕМ}) \cdot k_K \cdot L_{ГОД} \cdot 10^{-2}, \quad (12)$$

где  $C_A$ ,  $C_{AШ}$  — стоимость, соответственно, базового автосамосвала и комплекта автошин, тыс. грн.;  $k_K$  — 1,3 — коэффициент, учитывающий использование автотранспорта в карьерных условиях;  $A_B$ ,  $A_{РЕМ}$  — норма амортизационных отчислений на полное восстановление и капитальный ремонт, проценты на 1000 км пробега;  $L_{ГОД}$  — годовой пробег автопарка, тыс. км.

Затраты на восстановление износа автошин определяются по выражению

$$C_{Ш} = C_{AШ} \cdot L_{ГОД} / L_{Ш} \cdot k_{Ш}, \quad (13)$$

где  $L_{Ш}$  — нормативный пробег комплекта автошин, тыс. км;  $k_{Ш}$  — интегральный коэффициент влияния горнотехнических условий на пробег автошин, определяемый по формуле

$$k_{Ш} = k_f \cdot k_{ДОР} \cdot k_i, \quad (14)$$

где  $k_f$ ,  $k_{ДОР}$ ,  $k_i$  — коэффициенты влияния крепости горных пород, удельного веса временных автодорог и уклонов в общем расстоянии транспортирования; принимаются по данным НИИ крупногабаритных автошин (табл. 2).

Таблица 2 - Корректирующие коэффициенты к нормам пробега крупногабаритных автошин

Крепость транспортируемой горной массы по шкале М.М. Протодьяконова		Доля временных автодорог в общем расстоянии транспортирования		Доля уклонов в общем расстоянии транспортирования	
f	kf	РДОР, %	кДОР	Pi, %	ki
1 – 3	1,15	0 – 10	1,00	0 – 10	1,00
3 – 5	1,09	10 – 20	0,96	10 – 20	0,98
5 – 7	1,00	20 – 30	0,92	20 – 30	0,94
7 – 10	0,89	30 – 50	0,88	30 – 50	0,91
10 – 13	0,77	50 – 70	0,86	50 – 70	0,88
13 – 15	0,70	>70	0,82	>70	0,85



Затраты на техническое обслуживание и текущие ремонты принимаются как

$$C_{РЕМ} = C'_{РЕМ} \cdot L_{ГОД} / k_{РЕМ}, \quad (15)$$

где  $C'_{РЕМ}$  - удельный стоимостной показатель технического обслуживания и текущего ремонта, грн. на 1000 км пробега;  $k_{РЕМ}$  - интегральный коэффициент учета условий эксплуатации

$$k_{РЕМ} = k_L \cdot k_i \cdot k_N \cdot k_f \cdot k_{ДОР}, \quad (16)$$

где  $k_L, k_i, k_N, k_f, k_{ДОР}$  – коэффициенты, учитывающие, соответственно, расстояние транспортирования, продольный уклон автодорог, количество автомобилей в автохозяйстве, крепость и качество дорожного покрытия (табл. 3) [5].

Таблица 3- Корректирующие коэффициенты к удельным стоимостным показателям технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов

Расстояние транспортирования		Уклон автодорог		Количество автомобилей в хозяйстве		Крепость транспортируемой горной массы		Дорожное покрытие	
L, км	$k_L$	i, %	$k_i$	$N_a$	$k_N$	f	$k_f$	тип	$k_{ДОР}$
0,2	1,67	0	1,00	До 25	1,3	До 5	1,00	Асф-бет.	1,00
0,5	1,55	2	1,10	26-50	1,1	5-10	1,05	Щебен.	1,25
0,8	1,45	4	1,25	51-100	1,0	10-15	1,20	Без покр.	1,35

Эксплуатационные расходы на содержание гаражного хозяйства рассчитываются по выражению

$$C_{Г.Х.} = C'_{Г.Х.} \cdot N_{И}, \quad (17)$$

где  $C'_{Г.Х.}$  – стоимость содержания гаражного хозяйства в расчете на один списочный автомобиль, тыс. грн. Значения приведены ниже:

$N_{И}$ , шт.	15	30	50	100	200
$C'_{Г.Х.}$	40	33,6	30,4	23,2	16

Эксплуатационные расходы на содержание и ремонт карьерных автодорог (тыс. грн.) равны

$$C_{ДОР} = C_{П.ДОР} \cdot L_{П.ДОР} + C_{В.ДОР} \cdot L_{В.ДОР}, \quad (18)$$

где  $C_{П.ДОР}, C_{В.ДОР}$  – стоимость содержания 1 км, соответственно, постоянных автодорог со щебеночным покрытием и временных автодорог, тыс. грн.;  $L_{П.ДОР}, L_{В.ДОР}$  – протяженность постоянных и временных автодорог, км.

Эксплуатационные расходы в сфере обслуживания населения определяются по выражению



$$C_0 = C'_0 \cdot N \cdot k_{ж}, \tag{19}$$

где  $C'_0$  - затраты на содержание объектов сферы обслуживания населения на одного жителя в год, грн. (по данным предприятия ПАО «Полтавский ГОК»  $C_0 = 1.87$  тыс. грн.).

В качестве исходных данных брались существующие в карьере продольные уклоны автодорог, которые составляют 60-100‰ для постоянных технологических автодорог, 80-160‰ для временных, срок действия которых составляет меньше года. Определение потенциальной возможности автосамосвала, оборудованного механизмом изменения центра масс и межосевого расстояния, позволило рекомендовать увеличение угла продольного уклона карьерной автодороги [4].

Результаты расчетов по вышеизложенной методике представлены в таблице 4.

По результатам расчета основных показателей затрат, связанных с горно-капитальными работами и эксплуатацией автомобилей, показаны их зависимости от увеличения продольного уклона в графическом виде на рис. 2.

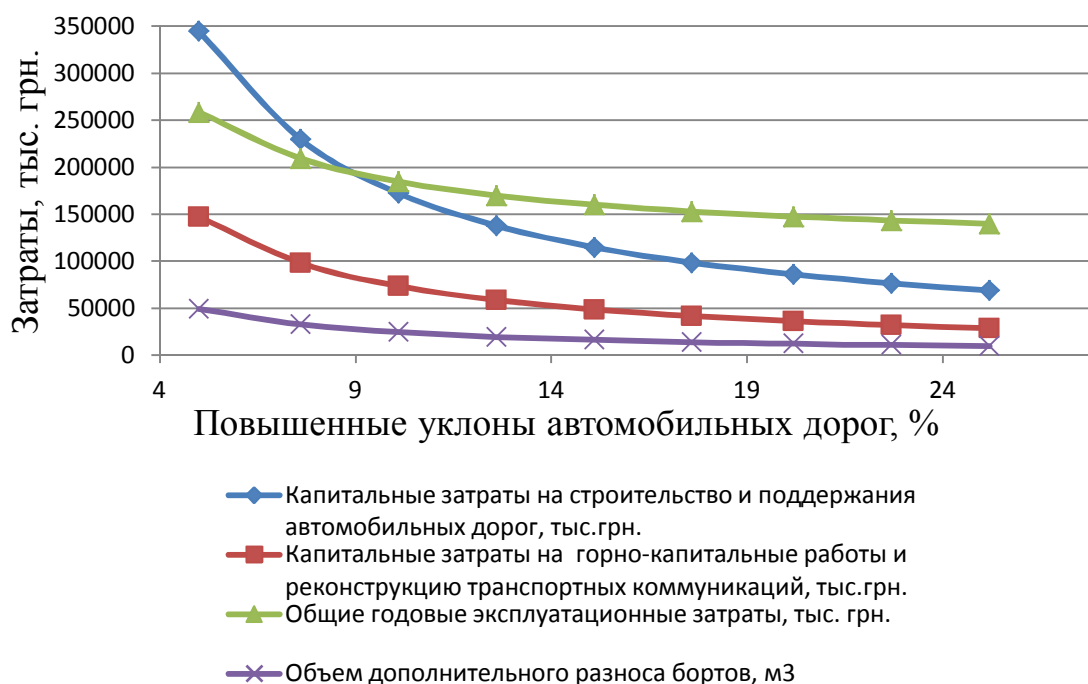


Рис. 2 - Изменение затрат на горно-капитальные работы при переходе на повышенные уклоны автомобильных дорог по карьере ПАО «Полтавский ГОК»



Таблица 4 – Результаты расчета затрат на горно-капитальные работы с возможностью применения автотранспорта усовершенствованной конструкции и перехода на повышенные уклоны автомобильных дорог

Показатель	Уклон автодороги, ‰									
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
	Повышенный уклон автодороги, %									
	50	76	101	126	151	176	202	227	252	
Капитальные затраты $Z_{к.}$ тыс. грн.	7460257	7296172	7214096	7164823	7131952	7108453	7090812	7077077	7066074	
$L_{п.дор}$ – протяженность автомобильных дорог при повышенном уклоне, км	4.4	2.9	2.2	1.7	1.5	1.2	1.1	1.0	0.9	
Капитальные затраты на строительство и поддержания автомобильных дорог, $Z_{к.дор}$ , тыс. грн.	344505	229670	172252	137802	114835	98430	86126	76556	68901	
Капитальные затраты на горно-капитальные работы $Z_{к.г.р.}$ , тыс. грн.	147414	98164	73505	58683	48779	41686	36348	32182	28835	
Годовые эксплуатационные затраты (Э, тыс. грн.)	258625	209375	184717	169894	159991	152897	147560	143393	140047	
Эв - эксплуатационные затраты на выемку вскрыши по рассматриваемому варианту на том шаге расчета, тыс. грн.	147414	98164	73505	58683	48779	41686	36348	32182	28835	
У – угол откоса нерабочего борта карьера, град.	41.5	41.8	42.1	42.6	43.1	43.8	44.7	45.6	46.8	





**Выводы.** Экономические расчеты применения в карьере усовершенствованных конструкций автосамосвалов позволили обосновать повышение продольного уклона автодорог на 20-25% от имеющегося, что составляет для постоянных технологических дорог 75-125‰, для временных дорог сроком до 1 года – 100-200‰. Экономический эффект от применения повышенных уклонов автодорог для постоянных технологических дорог составляет 49273 тыс. грн., для временных – 24738 тыс. грн.

Установлено, что увеличение продольного уклона внутрикарьерных автомобильных дорог при применении автосамосвалов с усовершенствованной конструкцией позволяет сократить технологический объем необходимых вскрышных работ. Так если увеличить продольный уклон с 80‰ до 150‰, то объем вскрышных работ изменится с 24501,9 м<sup>3</sup> до 16259,9 м<sup>3</sup>, что составляет 33 %; тогда при изменении продольного уклона со 100‰ до 175‰ уменьшается с 19561,2 м<sup>3</sup> на 13895 м<sup>3</sup>, что составляет 28,9%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированное проектирование карьеров [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. С. Хохряков [и др.]; ред. В. С. Хохряков. - М.: Недра, 1985. - 263 с.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования: офиц. изд.: утв. Госстроем России, Мин-вом экономики, Мин-вом финансов РФ, Госпланом России, № 7-12/47 от 31.03.94 г. - М., 1994.-80 с.
3. Яковлев В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. - Новосибирск: Наука, 1989. - 238 с.
4. Кривда, В.В. Влияние эксплуатационно-технических параметров автосамосвала на параметры систем разработки глубокого железорудного карьера / В.В. Кривда // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск, 2014.- № 11 .- С. 56
5. Ворошилов Г.А. Обоснование оптимальных уклонов автодорог при разработке нагорно-глубинных карьеров [Текст]: дис. ... канд. техн.наук / Горшков Э. В. - Свердловск, 1984. - 212 с.