

**В.В. Кривда**, аспирант  
(ГВУЗ "НГУ")

**ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
АВТОСАМОСВАЛА НА ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ  
ГЛУБОКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КАРЬЕРА**

**В.В. Кривда**, аспирант  
(ДВНЗ "НГУ")

**ВПЛИВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
АВТОСАМОСКИДУ НА ПАРАМЕТРИ СИСТЕМ РОЗРОБКИ**

**V.V. Krivda**, Doctoral Student  
(SHEE "NMU")

**IMPACT OF OPERATING AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF A  
DUMP TRUCK ON PARAMETERS OF THE SYSTEMS OF THE DEEP ORE  
PIT MINING**

**Аннотация.** В статье представлены исследования влияния конструктивного усовершенствования карьерного автосамосвала на параметры транспортных коммуникаций и формирование рабочего борта карьера. На основании возможности увеличения силы тяги обоснованы повышенные продольные уклоны автодорог по критерию безопасности. Выполнено исследование зависимости увеличения продольного уклона автомобильных дорог на дополнительный разнос борта карьера. Установлено отношение применяемого продольного уклона дороги к рекомендуемому, которое выражено логарифмической функцией.

На примере карьера ПАО "Полтавский ГОК" выполнен анализ наклонных участков существующих продольных уклонов постоянных технологических и временных автомобильных трасс. Рассчитаны рекомендуемые продольные уклоны автомобильных дорог для глубоких горизонтов Полтавского карьера. Выполнено сравнение существующих продольных уклонов постоянных технологических и временных дорог, проектных величин и рекомендуемых.

**Ключевые слова:** карьер, транспортные коммуникации, продольный уклон, автосамосвал, безопасность, сила тяги.

**Введение.** Одной из актуальных проблем разработки глубоких горизонтов карьера является дополнительный разнос бортов для размещения вскрывающих выработок. Этот объем составляет десятки миллионов кубометров 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. Увеличение продольных уклонов автодорог позволяет сократить длину транспортных коммуникаций и дополнительной разнос бортов, повысить экономические показатели открытого способа разработки.

Согласно нормативным документам [1, п.п.7.7.4] «наибольший продольный уклон постоянных технологических дорог с твердым покрытием для автомобильного транспорта 4×2 должно быть не более 80 ‰, для грунтовых дорог – 50 ‰. Для дорог II-к и III-к в направлении груженого транспорта может быть увеличен на 10 ‰, а на дорогах с ограниченных сроком действия до 1 года – на 30 ‰».

Исследование взаимосвязи параметров систем разработки глубоких горизонтов с помощью интегральной оценки показало, что основными факторами, влияющими на выбор рациональных значений этих параметров, являются радиус разворота применяемого в карьере автосамосвала и величина преодолеваемого им продольного уклона, которые характеризуются максимальными интегральными оценками при сравнении всех аргументов сложной функции площади вскрытых запасов. Изменение этих двух параметров возможно при помощи улучшения эксплуатационно-технических характеристик карьерного автосамосвала. Решение этой задачи предложено произвести за счет применения механизма изменения центра масс и межосевого расстояния (МЦМ) [2]. Математическое моделирование механизма показало возможность менять межосевое расстояние базы: увеличивать до 14 % и уменьшать до 23 %, что отображается на радиусе поворота автосамосвала. Так если заводской конструктивный радиус поворота равен 13 м, то с применением МЦМ минимальный равен 10 м, а максимальный - 14,4 м [2]. Изменение радиуса поворота автосамосвала дает ряд преимуществ, основные из которых следующие:

- обоснование рациональных параметров рабочих площадок «экскаватор – автосамосвал» на глубоких горизонтах в стесненных условиях;
- разработка технологических схем добычи позволяющих рационально использовать внутрикарьерное пространство и формировать рабочий борт под более крутым углом;
- обоснование уменьшения в плане ширины петлевых съездов существующих транспортных коммуникаций автотранспорта и использовать при проектировании развития горных работ;
- обоснование повышенных продольных уклонов автодорог по критерию безопасности.

Для детального изучения вышеперечисленных факторов было рассмотрено их влияние на параметры систем разработки глубоких горизонтов карьера в конкретных горно-геологических условиях. Исследования проводились на базе рабочих чертежей проекта развития горных работ по Полтавскому ГОКу.

Выполненные исследования показали, что при наличии возможности изменения межосевого расстояния (базы автосамосвала рис. 1), применив механизм для изменения положения центра масс и межосевого расстояния (МЦМ), происходит значительное уменьшение необходимой силы тяги при движении по дороге с продольным уклоном 70‰, о чем свидетельствуют результаты, представленные на рис. 2.

Сохранения тяговых характеристик электродвигателей автосамосвалов с МЦМ дает возможность увеличить продольный уклон автомобильной дороги на 23% от имеющегося [2]

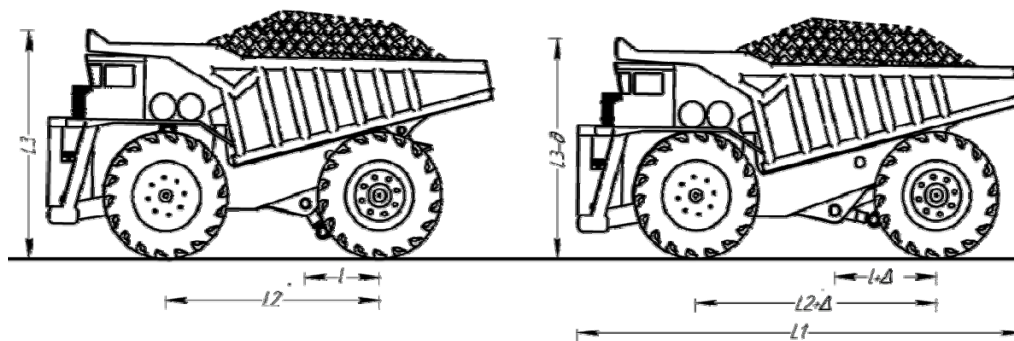


Рисунок 1 – Карьерный автосамосвал с обычным и измененным межосевым расстоянием

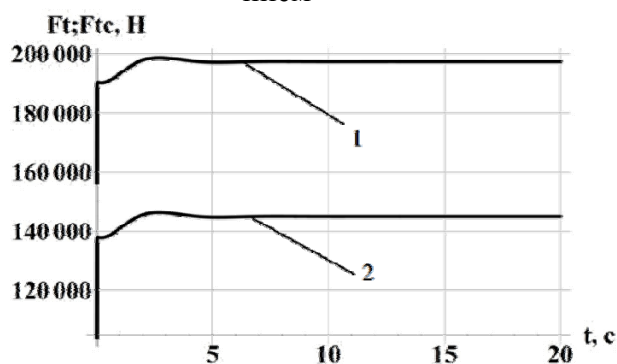


Рисунок 2 – Сила тяги всей системы, приложенная к ведущим колесам по дороге с продольным углом наклона  $i=70\%$ : 1 – с обычной базой (межосевое расстояние  $L=5,3\text{м}$ ); 2 – с измененной базой (межосевым расстоянием  $L=5,96\text{м}$ ).

Поскольку вся совокупность горнотехнических условий в случае применения автосамосвала с МЦМ делится на две области, определяющие два основных режима работы автосамосвала (с полным применением МЦМ, без него), для каждого режима работы автосамосвала с МЦМ определена возможность перехода на повышенный уклон дороги и соответствующий объем горно-капитальных работ.

При строительстве моделей карьеров в системе КОМПАС 3D с различным уклоном вскрывающих выработок, рассчитывались объемы вскрыши в конечных контурах карьера, и производилось сравнение этих объемов. Так, при сравнительном анализе взятых данных карьера ПАО "Полтавский ГОК", увеличение уклонов вскрывающих выработок с 70 % (проектный вариант) до 90 % имеющих по проекту на конец отработки глубину 302 м, сокращение объемов вскрыши составляет 25 млн. м<sup>3</sup>, т.е. 13,4 % от общих объемов в контуре. Разница в погоризонтных объемах вскрыши изменяется от 0-4 % на нижних горизонтах, до 11-20,5 % - на верхних и средних.

Расположение и порядок перемещения фронта рабочих уступов оказывают существенное влияние на объемы горно-капитальных работ, величину внутри-карьерной деятельности транспортирования, объемы работ по подготовке горизонтов число рабочих уступов и протяженность фронта работ. В случае транспортирования пород на внешние отвалы, для системы разработки с примени-

ем автомобильного транспорта, характерной расчетной формулой по определению объемов горно-капитальных работ является [3]

$$V = b \cdot H_k \cdot L_{П.ДОР} + H_k^2 \cdot L_{П.ДОР} \cdot ctg\gamma, \quad (1)$$

где  $b$  – горизонтальное расстояние от нерабочего борта карьера до полезного ископаемого, соответствующего высоте  $H_k$ , м;  $\gamma$  – угол откоса нерабочего борта карьера соответственно при уклоне вскрывающих выработок  $i_1$  и  $i_2$ , град.

Рассматриваемые уклоны при оптимизации должны быть в диапазоне оптимального значения уклона по физическим параметрам и предельного значения уклона, но не выше технологически-обусловленного

$$0 \leq i < i_{ПРЕД},$$

где  $i_{ПРЕД}$  – предельное значение уклона, соответствующее техническим ограничениям автосамосвала с использованием МЦМ.

Подставив в выражение (1) значения продольного уклона от оптимального до предельно возможного получена зависимость объема дополнительного развоза бортов от угла откоса нерабочего борта карьера, которая выступает функцией по аргументу  $i$  (рис. 3).

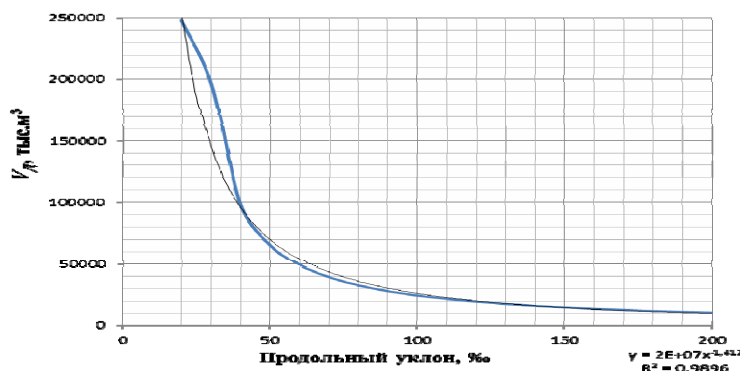


Рисунок 3 – Объем дополнительного развоза бортов в зависимости от продольного уклона автодороги

Обоснование оптимальных уклонов карьерных автодорог в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации выполнено на примере карьера Полтавского ГОКа.

По состоянию горных работ на 01.01.2014 г. карьер ПАО "Полтавский ГОК" вскрыт до горизонта минус 280 м. Глубина карьера от поверхности достигает 302 м. Это крупный карьер, в котором для транспортировки горной массы применяет автомобильный, железнодорожный и конвейерный транспорт. Автомобильный транспорт обслуживает полностью нижнюю и частично среднюю и верхнюю по высоте карьера зоны. Технологические постоянные автомобильные дороги с твердым покрытием занимают северный и северо-восточный борта, технологические дороги II-к и III-к категорий расположены по южному и юго-восточному бортам, временные с ограниченным сроком эксплуатации - на за-

падном борту.

Выполнен анализ продольного уклона автомобильных дорог по всему карьере, схема которого представлена на рисунке 4.

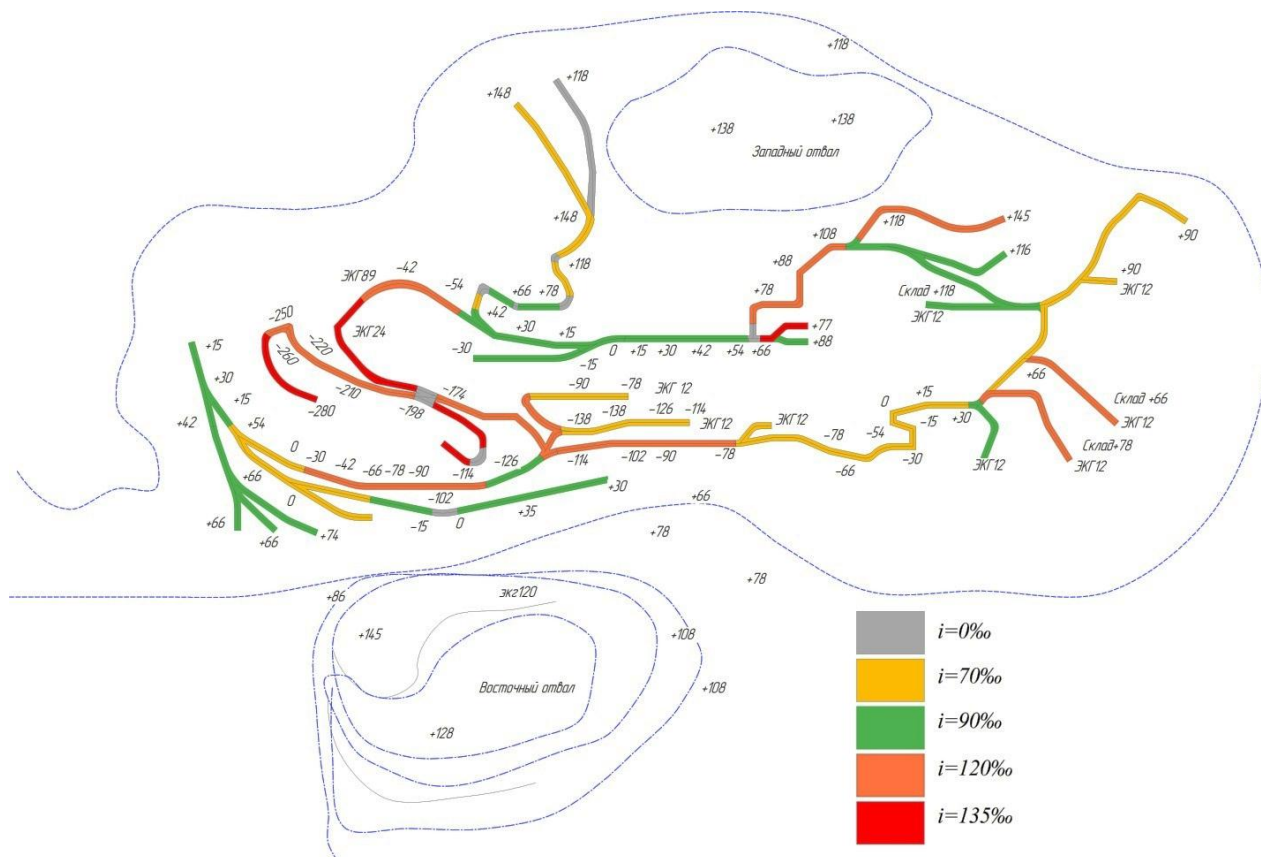
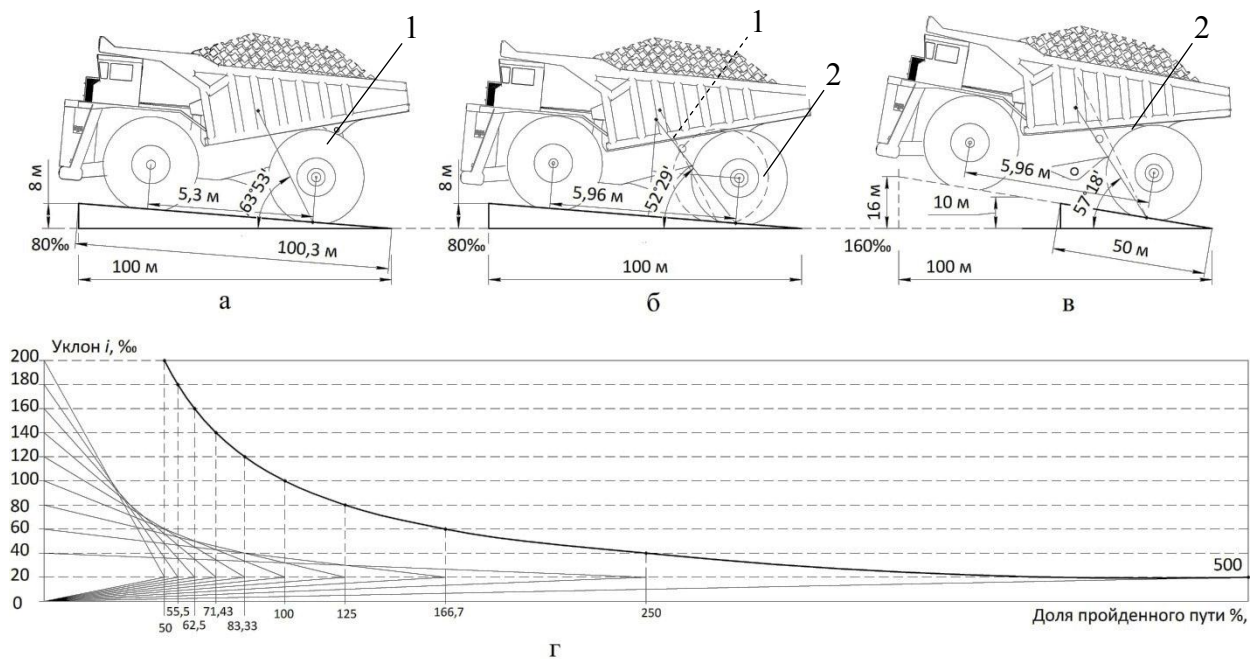


Рисунок 4— Автомобильные дороги карьера ОАО «Полтавский ГОК» с указанием существующих продольных уклонов

Теоретические исследования технических возможностей автосамосвала БелАЗ-7512 показали, что усовершенствование его конструкции при помощи МЦМ позволит преодолевать большие продольные уклоны карьерных автодорог на 20 – 25% без потери силы тяги и без уменьшения мер безопасности с уменьшением угла устойчивости -образованного лучом, проходящим через центр тяжести карьерного автосамосвала и центром пятна контакта колес привода и горизонтали. Угол устойчивости и график доли пройденного пути изображены на рис. 5.

Исходя из расчета возможности увеличения силы тяги, рассчитаны рекомендуемые продольные уклоны автомобильных дорог для глубоких горизонтов Полтавского карьера (табл. 1).

По результатам исследований тяговых характеристик автосамосвала и мер безопасности обоснованы приращение силы тяги и продольного уклона транспортных коммуникаций, что позволило рассчитать рекомендуемые параметры для глубоких горизонтов карьера. Отношение применяемого продольного уклона дороги к рекомендуемому выражено логарифмической функцией и представлено на рисунке 6.



- 1) обычное (стандартное) межосевое расстояние грузенного автосамосвала БелАЗ 7512, при движении по дороги с продольным уклоном на подъем;
- 2) измененное межосевое расстояние грузенного автосамосвала БелАЗ 7512, при движении по дороги с продольным уклоном на подъем;

а – стандартное положение задней оси грузенного автосамосвала при движении на подъем в 80‰, б – измененное положение (рабочее) задней оси грузенного автосамосвала при движении на подъем в 80‰, в – рекомендуемый угол продольного уклона автодороги в 160‰, при измененном (рабочем) положение задней оси грузенного автосамосвала при движении на подъем от величины угла устойчивости, г) график доли пройденного пути от продольного угла наклона автомобильной дороги, который достигается путем применения МЦМ, описанный введенным углом устойчивости КАС.

Рисунок 5 – «Угол устойчивости» и диаграмма доли пройденного пути от угла устойчивости

Таблица 1 – Рекомендуемые уклоны продольных дорог исходя из силы тяги автосамосвала

Продольные уклоны автомобильных дорог на глубоких горизонтах карьера, ‰		Сила тяги автосамосвала,		
проектные	рекомендуемые	увеличение силы тяги от проектного угла, %	при проектном уклоне $i$ , Ft, кН	при рекомендованном уклоне $i$ , Ft, кН
70	87,5	25	160	200
80	98,48	23,1	180	221,58
90	109,26	21,4	200	242,8
100	119,7	19,7	220	263,34
110	129,8	18	240	283,2
120	139,56	16,3	260	302,38
130	148,98	14,6	280	320,88
140	158,06	12,9	300	338,7
150	166,8	11,2	320	355,84

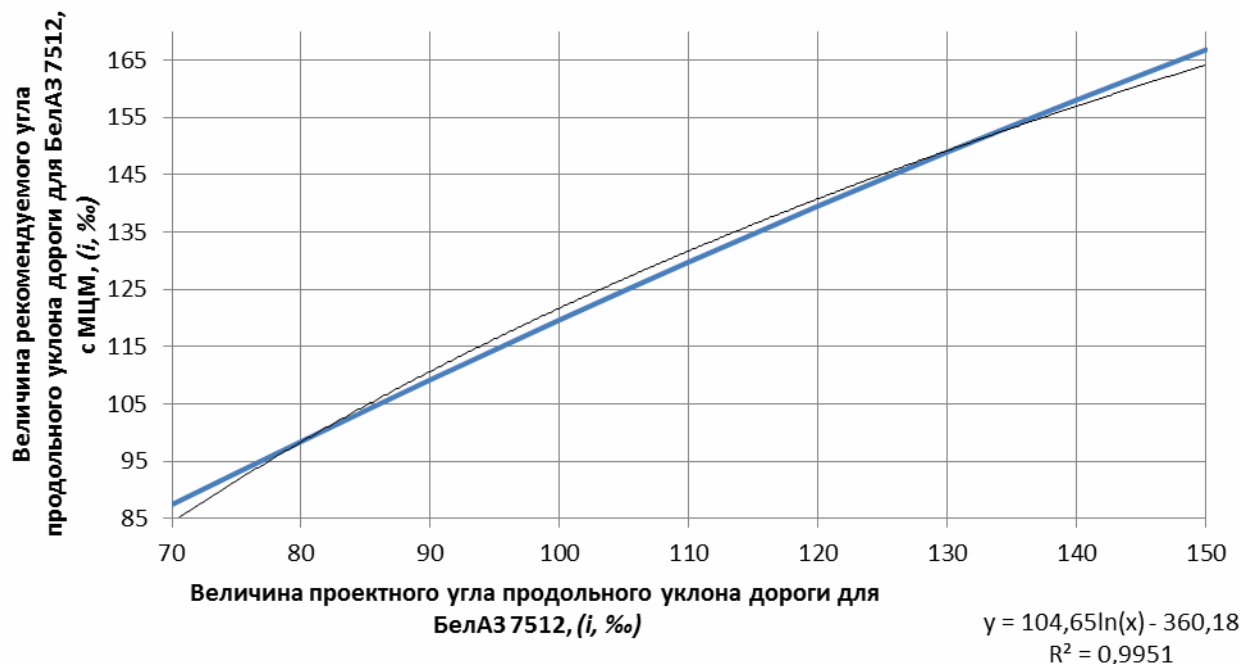


Рисунок 6 - Логарифмическое отношение применяемого продольного уклона дороги к рекомендуемому

**Вывод.** Рассчитанные рекомендуемые продольные уклоны постоянных технологических автомобильных дорог Полтавского карьера рационально применять при дальнейшем проектировании развития горных работ, подвигании борта и формировании транспортных коммуникаций.

Применение рассчитанных величин продольных уклонов для временных дорог с ограниченным сроком эксплуатации на глубоких горизонтах возможно при очередном вскрытии горизонта.

Выполнен анализ продольного уклона автомобильных дорог по всему карьере ПАО «Полтавский ГОК», схема которого представлена на рисунке 3.

Установлено, что в карьере применяются постоянные технологические дороги автомобильных трасс с уклонами 70 – 90‰, которые рекомендуется увеличить до 125‰ при применении автосамосвалов с МЦМ; и временные с ограниченным сроком эксплуатации до 1 года с уклоном 120-135‰, которые рекомендуется увеличить до 175‰.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ – Н МПП 73.020 – 078 – 2 : 2008 Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина II. Т.1 Відкриті гірничі роботи. – Київ, Міністерство промислової політики України, 2008. – 714 с.
2. Кривда, В.В. Обоснование эксплуатационно-технологических параметров карьерных автосамосвалов / Кривда В.В. // Сборник научных трудов НМетАУ «Системні технології». Днепропетровск, 2013. – № 4. – С. 56–62.
3. Ворошилов, Г.А. Обоснование оптимальных уклонов автодорог при разработке нагорно-глубинных карьеров : дис. ... канд. техн. наук - Свердловск, 1984. - 212 с.

#### REFERENCES

1. Standard for the organization of Ukraine Ministry of Industrial Policy (2008), 73.020 – 078 – 2: Standards of technological design of mining company with open pit mining of deposits minerals. Part II. Vol.1, Kiev, Ukraine.

2. Krivda, V.V. (2013), "Justification operational and technological parameters of dump trucks", *System technology*, no.4, pp.56-62.

3. Voroshilov, G. (1984), "The justification of optimum slope of roads in the development of mining and deep pits", Ph.D. Thesis, State National Mining University, Dnepropetrovsk, SU.

---

#### Об авторе

**Кривда Виталий Валерьевич**, аспирант кафедры " Автомобили и автомобильное хозяйство" Высшего учебного заведения " Национальный горный университет", Днепропетровск, Украина, vitaliy.krivda@yandex.ru

#### About the author

**Krivda Vitaliy Valerevich**, Doctoral Student of the department "Automobiles and Automobile Economy" Higher educational establishment "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, vitaliy.krivda@yandex.ru

---

**Анотація.** У статті представлені дослідження впливу конструктивного удосконалення кар'єрного автосамоскиду на параметри транспортних комунікацій і формування робочого борта кар'єру. На підставі можливості збільшення сили тяги обґрунтовані підвищені поздовжні ухили автодоріг за критерієм безпеки. Виконано дослідження залежності збільшення поздовжнього ухилу автомобільних доріг на додатковий рознос борта кар'єру. Встановлено ставлення застосовуваного поздовжнього ухилу дороги до рекомендованого, яке виражене логарифмічною функцією. На прикладі кар'єра ПАТ "Полтавський ГЗК" виконано аналіз похилих ділянок існуючих поздовжніх ухилів постійних технологічних і тимчасових автомобільних трас. Розраховані рекомендовані поздовжні ухили автомобільних доріг для глибоких горизонтів Полтавського кар'єра. Виконано порівняння існуючих поздовжніх ухилів постійних технологічних і тимчасових доріг, проектних величин і рекомендованих.

**Ключові слова:** кар'єр, транспортні комунікації, поздовжній ухил, автосамоскид, безпека, сила тяги.

**Abstract.** The paper presents a study of impact of constructive improvement of the mine dump trucks on parameters of the transport communications and formation of a highwall in the open pit. With the help of the improved tractive effort of the trucks it is possible to increase a longitudinal slope of the roads with their ensured safety. Dependence between increasing longitudinal slope of the roads and further separation of the pit walls was studied. A ratio of applied longitudinal slope of the road to the recommended slope was specified by a logarithmic function.

Inclined areas of the existing longitudinal slopes in the constant technological and temporary motor roads were analyzed in the "Poltava GOK" open pit. The recommended longitudinal gradients of the roads were calculated for deep horizons of the Poltava open pit. The design and recommended values of the existing longitudinal slopes in the constant technological and temporary roads were compared.

**Keywords:** open pit, transport communications, longitudinal slope, dump truck, safety, tractive effort.

*Стаття поступила в редакцію 10.03.2014*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком*



УДК 622.235+622.236.4

**К.Н. Лабинский**, канд. техн. наук, доцент  
(ГВУЗ «ДонНТУ»)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ЗАЗОРЕ ШПУРА НА ПОЛНОТУ ДЕТОНАЦИИ ШПУРОВОГО ЗАРЯДА**

**К.М. Лабінський**, канд. техн. наук, доцент  
(ДВНЗ «ДонНТУ»)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УДАРНОЇ ХВИЛІ В ЗАЗОРІ ШПУРУ НА ПОВНОТУ ДЕТОНАЦІЇ ШПУРОВОГО ЗАРЯДУ**

**K.N. Labinskiy**, Ph.D. (Tech.), Associate Professor  
(SHEE «DonNTU»)

## **RESEARCHING OF IMPACT OF SHOCK-WAVE IN THE BLAST-HOLE GAP ON A DETONATION COMPLETENESS OF THE BLAST-HOLE CHARGE**

**Аннотация.** В работе рассмотрены особенности распространения ударной волны в зазоре шпура при канальном эффекте. Уточнен механизм проявления канального эффекта, который действует на заряд ВВ при его детонации. Установлена критическая длина заряда ВВ в донной части шпура, на которой возможен отказ детонации, которая зависит от коэффициента заряжания и может находиться в пределах от 4,5% до 20% от его длины.

**Ключевые слова:** ударная волна, канальный эффект, шпуровой заряд, отказ детонации.

**Актуальность работы.** Развитие и широкое внедрение при производстве взрывных работ шпуровым способом патронированных эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) потребовало исследований канального эффекта, который может быть одной из причин их неустойчивой детонации в шпурах. При заряджании шпуров между стенками шпура и патронами ЭВВ всегда имеется некоторый зазор, который, как известно, влияет на режим и устойчивость детонации ВВ в шпуре. У многих ЭВВ, как и у аммиачно-селитренных ВВ, отличающихся невысокой детонационной способностью по сравнению с бризантными ВВ, детонация при канальном эффекте может затухать при взрыве шпурового заряда. Поскольку подавляющее число шпуровых зарядов являются составными из отдельных патронов ВВ, необходимо уделить особое внимание вопросам исследования влияния канального эффекта, то есть радиального зазора в шпуре, на устойчивость детонации заряда ВВ. Решение проблемы канального эффекта при детонации патронов аммиачно-селитренных и ЭВВ обеспечит полноту детонации их шпуровых зарядов и повышение эффективности взрывных работ.

Анализ литературных источников показал, что при наличии зазора между стенкой шпура и зарядом ВВ возможно снижение его детонационной способности и полноты детонации заряда за счет так называемого канального эффекта,