

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе  
ИГТМ им. Н.С. Полякова  
НАН Украины  
докт. техн. наук



«          » А. П. Круковский  
2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ДВНЗ «НГУ»  
член-корреспондент НАН Украины,  
профессор



«          » А.С. Бешта  
2014 г.

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЦИОНАЛЬНЫХ  
ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКИХ  
КАРЬЕРОВ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НОВОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ**

Днепропетровск 2014

УДК 622.271: 622.62

Рекомендации по определению рациональных параметров систем разработки глубоких карьеров с учетом применения транспортного оборудования нового технического уровня / К.М. Басс, В.В. Кривда, Е.А. Бубнова, Е.В. Бабий, Е.С. Левченко. - ГВУЗ «НГУ» - ИГТМ м. Н.С. Полякова НАН Украины, Днепрпетровск.- 2014.- 19 с.; ил.10, табл. 3, список лит. 6 (назв.).

Настоящие рекомендации разработаны научными сотрудниками и специалистами Государственного ВУЗ «Национальный горный университет» и Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины на основании теоретических и экспериментальных исследований в области развития перспектив горно-металлургического комплекса Украины и передовых энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В основу рекомендаций положены установленные взаимосвязи между технико-эксплуатационными возможностями карьерных автосамосвалов и параметрами систем разработки глубоких карьеров.

Данные рекомендации позволяют выбрать рациональное соотношение параметров применяемого автомобильного транспорта, оборудованного механизмом изменения положения центра масс и межосевого расстояния, и таких параметров систем разработки как уклоны карьерных автодорог, размеры площадок для размещения петли поворота трассы, рациональная длина транспортирования и высота подъема горной массы, углы наклона бортов карьера и сокращение объемов вскрышных работ при оптимизации рабочего пространства карьера.

Рекомендовано к использованию проектными институтами для определения параметров разработки глубоких горизонтов карьеров для обеспечения положительной экономической эффективности и увеличения продолжительности эксплуатации карьеров.

## ВВЕДЕНИЕ

Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом осуществляется с помощью различных видов транспорта: автомобильного, железнодорожного, конвейерного, гидротранспорта и их комбинирования. При добыче железных руд и транспортировании вскрышных пород с глубоких горизонтов все шире используют комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт, т.е. такую транспортную систему, при которой зона работы конвейерного транспорта увеличивается в соответствии с увеличением глубины карьера, а зона работы автомобильного транспорта перемещается при постоянном заданном расстоянии транспортирования. Несмотря на то, что зона работы конвейерного и железнодорожного транспорта увеличивается, область применения автомобильного транспорта не уменьшается.

При небольших расстояниях транспортирования автосамосвалами и высокой производительности железнодорожного и конвейерного транспорта применение комбинированного вида транспорта позволяет улучшить технико-экономические показатели добычи полезных ископаемых на глубоких горизонтах.

Для условий отработки глубоких горизонтов карьера повышение объемов добычи руд без увеличения вскрыши возможно за счет увеличения углов наклона бортов карьера, что возможно при уменьшении ширины и сокращения длины автомобильных дорог. Поскольку перечисленные величины нормируются с учетом техники безопасности выполнения работ и, в первую очередь, техническими возможностями применяемого автомобильного транспорта, то решение проблемы возможно путем совершенствования автотранспорта.

При условии использования одних и тех же моделей автосамосвалов изменить указанные параметры невозможно.

Для решения этой задачи разработана конструкция механизма изменения центра масс и межосевого расстояния для карьерного автосамосвала большой грузоподъемности типа БелАЗ с электромеханической трансмиссией [1].

В результате исследований и математического моделирования установлен ряд взаимосвязей между эксплуатационно-техническими характеристиками карьерных автосамосвалов и параметрами систем разработки глубоких карьеров, которые позволяют найти рациональное соотношение между этими параметрами, обеспечивающее максимальную выемку запасов полезного ископаемого при минимальных вскрышных работах.

## 1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС И МЕЖОСЕВОГО РАССТОЯНИЯ ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ

Для рационального использования эксплуатационных параметров карьерного автосамосвала (КАС) с электромеханической трансмиссией создан механизм, позволяющий изменять в необходимое положение центр масс КАС и межосевое расстояние - механизм изменения центра масс (МЦМ) (рис.1) [1].

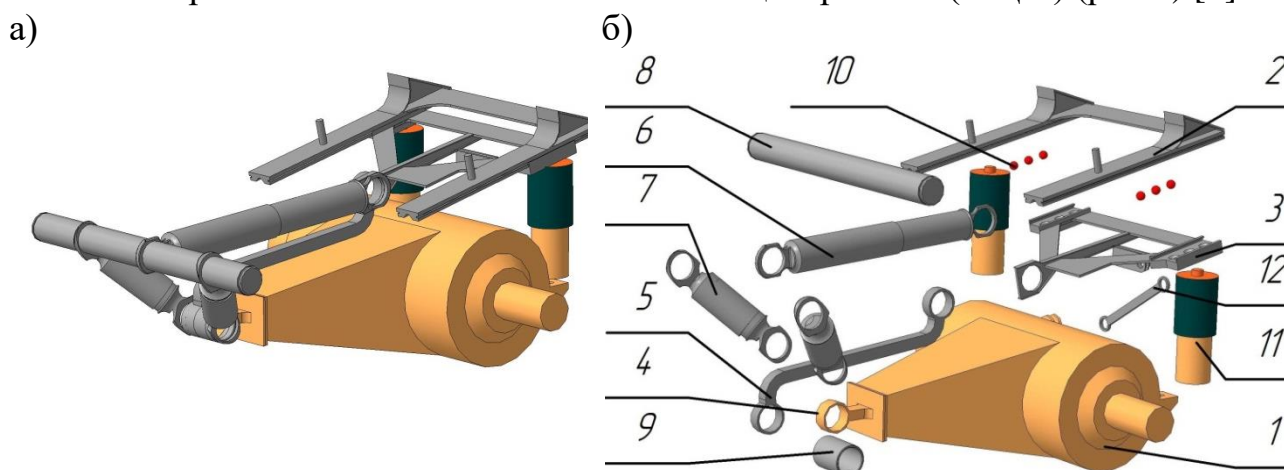


Рис. 1 – Конструктивная схема навесного оборудования, для задних мостов карьерного автосамосвала: а) в сборе; б) развнутая:

1–задний ведущий мост со встроенными в ступицы тяговыми электродвигателями; 2–направляющие салазки; 3–ползун; 4–проушина косынки ведущего моста; 5–штанга; 6–гидроцилиндр ползуна; 7–гидроцилиндр косынки ведущего моста; 8–шток; 9–втулка; 10–шарик; 11–упругий, демпфирующий элемент; 12–поперечная тяга.

МЦМ включает в себя: направляющие салазки, по которым перемещается ползун, с возможностью закрепления на нем упругих демпфирующих элементов, связанный штангой с гидроцилиндром продольного рычага и гидроцилиндром ползуна, которые ориентируют ползун с задним мостом в продольном направлении и фиксацией в заданном положении, в пазах которого установлены тела качения.

Приспособляемость подрессоренной конструкции определяется позиционированием тел качения, установленных в конических отверстиях ползуна, по пазам салазок прямоугольного сечения МЦМ. Преимуществами конструкции выступают:

- постоянное восприятие нагрузки, передаваемой от перевозимого груза, в любом положении ползуна за счет тел качения;
- уменьшение статической и динамической нагрузки в результате возможности более равномерного распределения нагрузки на соединительные звенья рамы автосамосвала в связи с понижением центра масс автосамосвала;
- улучшение кинематической характеристики подвески колес;

– снижение временных затрат на транспортировку груза в связи с возможностью увеличением среднетехнической скорости и продольного уклона.

Универсальность МЦМ, простота сборки и обслуживания с учетом малой массы и хорошей компоновки, улучшение плавности хода – все это позволяет применять данную конструкцию к подвескам автомобилей–самосвалов большой и особо большой грузоподъемности, работающих при транспортировании пород в карьерах. Применение системы МЦМ позволяет сохранить устойчивость и необходимую силу тяги на подъем, и увеличить маневренность при заезде КАС с электромеханической трансмиссией на площадку под погрузку и разгрузку горной массы, а также при движении в стесненных условиях по карьерным дорогам.

Принцип работы навесного оборудования (см. рис.1) следующий.

Во время рабочего процесса при движении груженого горной массой автосамосвала или в порожнем состоянии, для увеличения устойчивости и понижения центра тяжести, с помощью гидроцилиндра 7 (см. рис.1 б) ползуна 3 и гидроцилиндров 7, звена навесного устройства подвески происходит позиционирование заднего ведущего моста 1 и упругого демпфирующего элемента 11 с помощью продольных рычагов 4 и штанги 5. Тем самым рама карьерного автосамосвала нагружается более рационально, улучшается кинематическая характеристика подвески колес, МЦМ выполняет роль стабилизатора поперечной устойчивости, что в комплексе позволяет более рационально выбрать скоростной режим перемещения автосамосвала.

Фактически происходит перемещение заднего моста 1 (см. рис.1) при постоянном восприятии нагрузки телами качения 10, установленных в конических отверстиях ползуна 3 по пазам салазки 2 прямоугольного сечения, приводя к понижению центра тяжести автосамосвала и увеличению устойчивости.

Размещение механизма на раме карьерного автосамосвала БелАЗ 7519 показано на рисунке 2.

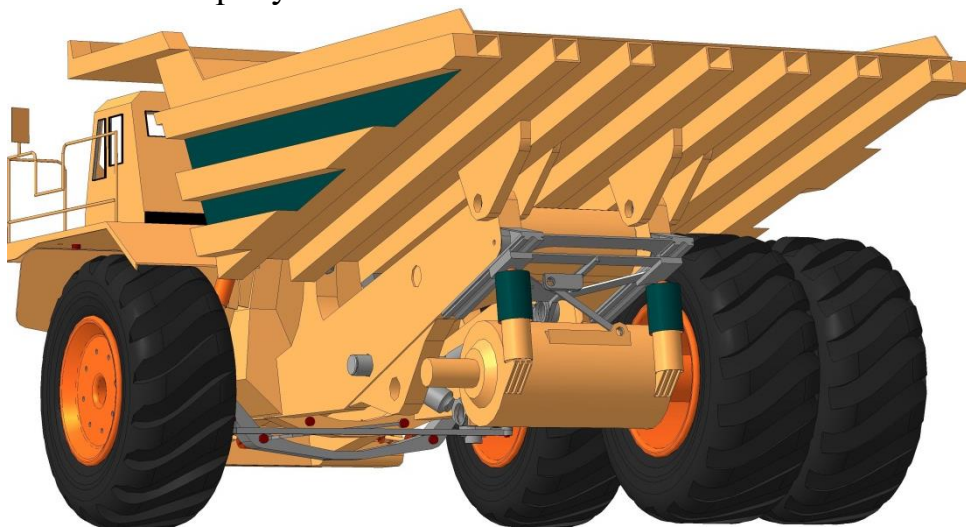


Рис.2 – МЦМ на раме автосамосвала: вид автосамосвала сзади с МЦМ

Такая конструкция может быть применена и к самосвалам других моделей.

Безопасность и работоспособность предложенной конструкции подтверждена результатами 3D моделирования в программных продуктах "Wolfram Mathematics" и п/п "Universal Mechanism" (моделирование выполнено на основании экспериментальных исследований).

## 2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АВТОСАМОСВАЛОВ С МЕХАНИЗМОМ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС И МЕЖОСЕВОГО РАССТОЯНИЯ В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ

На основании исследований и данных моделирования движения автосамосвала с МЦМ по внутрикарьерным дорогам рекомендуется следующая схема (рис.3) движения автосамосвала при его различных состояниях (порожнее, груженое) и направлении перемещении груза (на спуск, на подъем).

На рис. 3 изображен технологический процесс включения в работу МЦМ.

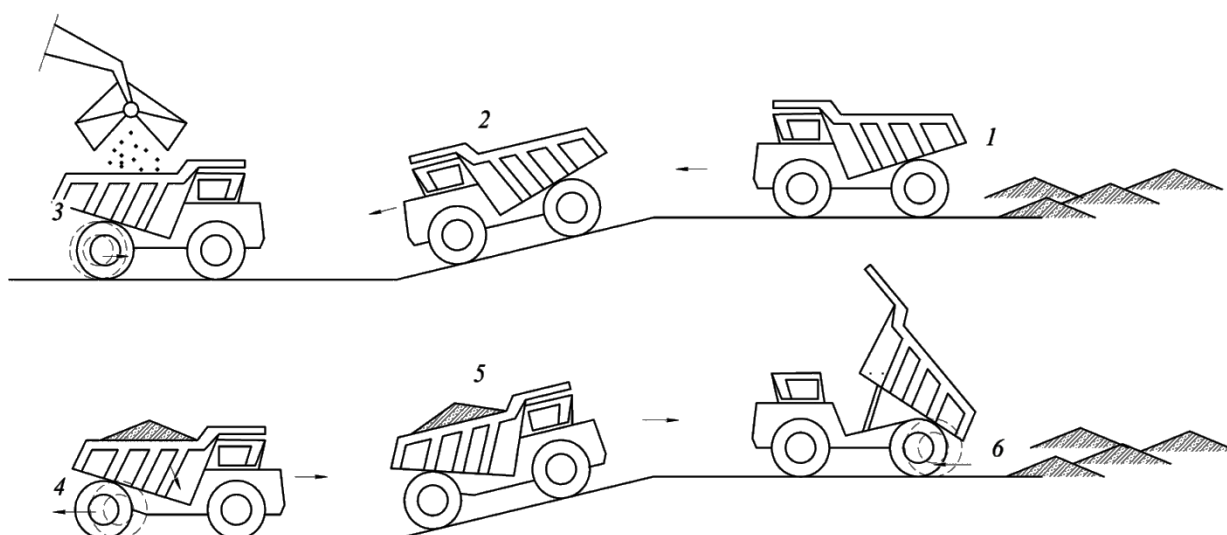


Рис.3 – Технологическая схема рабочего процесса транспортировки горной массы автосамосвалом с МЦМ

- 1 – Движение порожнего автосамосвала с отвала в карьер;
- 2 – Обычное ничем не лимитирующее состояние;
- 3 – Сокращение межосевого расстояния под маневр;
- 4 – Увеличение межосевого расстояния;
- 5 – Движение автосамосвала с увеличенным межосевым расстоянием и пониженным центром масс, для безопасного преодоления карьерной дороги с большим продольным уклоном;
- 6 – Сокращения межосевого расстояния при маневре под разгрузку.

Порожний и груженный автосамосвал передвигается по прямолинейным участкам в обычном состоянии.

Межосевое расстояние необходимо уменьшать при:



- приближении и движении по криволинейному участку, которые обычно располагаются на горизонтальном промежутке трассы, что обеспечит минимальный радиус поворота;

- при маневрировании под погрузку и разгрузку, что обеспечит минимальные радиус поворота и соответственно размеры рабочей площадки.

Межосевое расстояние необходимо увеличивать при движении груженого автосамосвала на подъем, что позволит увеличить силу тяги и преодолеваемый уклон дороги.

Предлагаемая схема движения автосамосвала обеспечит рациональное использование его технических возможностей, позволит сократить ширину автодорог на криволинейных участках трасс за счет уменьшения радиуса разворота, увеличить угол уклона карьерных дорог и сократить их протяженность или увеличить возможную высоту подъема горной массы.

### **3 РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОСАМОСВАЛОВ С МЦМ**

#### **3.1 Технологически возможные радиусы разворота автосамосвалов с МЦМ**

В зависимости от модели применяемого автосамосвала определяется радиус его поворота и разворота, установленный заводом-изготовителем.

Установлено, что при уменьшении межосевого расстояния радиус поворота также уменьшается, а при увеличении межосевого расстояния – соответственно радиус увеличивается.

На рис. 4 приведены схемы движения автосамосвала по криволинейному участку дороги в момент рабочего процесса, где радиус поворота автосамосвала БелАЗ 7512 без МЦМ,  $R_{\min-\max}=13-13,3$  м; радиус поворота автосамосвала БелАЗ 7512 с МЦМ,  $R_{\min-\max}=10-14,4$  м [2].

Для уменьшения радиуса поворота на 3 м необходимо сократить межосевое расстояние на 0,9 м (см. рис. 4а). Максимально возможное изменение межосевого расстояния для БелАЗ моделей 7512-7513 равно 1,5 м, при этом радиус поворота изменяется от 10 до 14,4 м.

Для увеличения радиуса поворота автосамосвала на 1,4 м (максимально возможное для БелАЗ моделей 7512-7513) необходимо увеличить межосевое расстояние на 0,60 м (см. рис. 4 в).

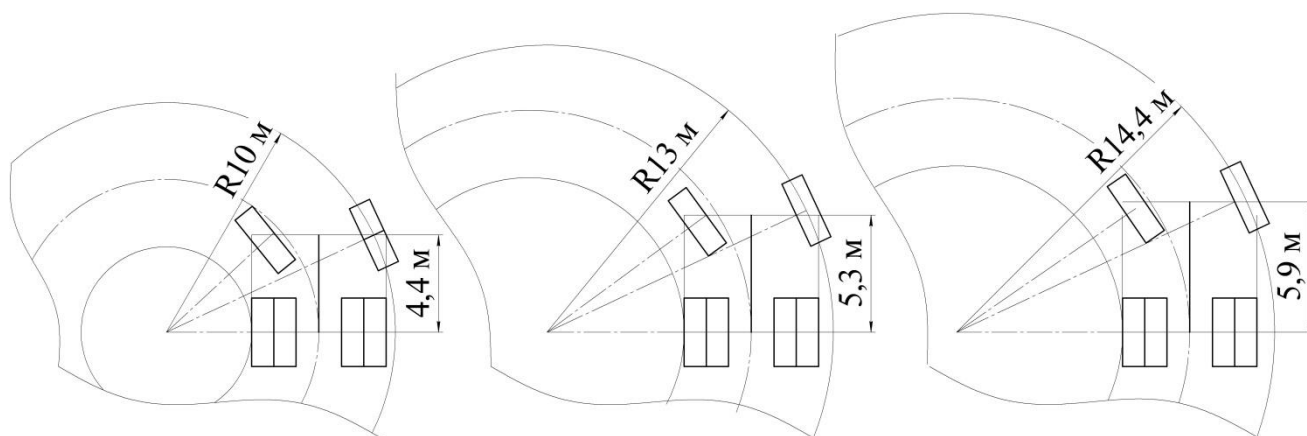


Рис.4 – Расчетно-конструктивная схема поворота во время движения карьерного автосамосвала с МЦМ: а – сокращенное межосевое расстояние, б – нормальное состояние, в – увеличенное межосевое расстояние

Величина радиуса разворота автосамосвала при регулировании с помощью МЦМ межосевого расстояния определяется по формуле

$$R = a \cdot \ln l + b \quad (1)$$

где  $R$  – радиус разворота автосамосвала;

$a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от модели и конструкции автосамосвала;

$l$  – межосевое расстояние.

Для автосамосвалов БелАЗ моделей 7512-7513 коэффициенты  $a$  и  $b$  соответственно равны 1,71 и 12,08. Для автосамосвалов других моделей коэффициенты должны определяться по результатам моделирования [3] или экспериментов.

Изменяя межосевое расстояние карьерного автосамосвала, можно уменьшить радиусы поворотов под погрузку и разгрузку, а так же радиусы криволинейных участков транспортной бермы. Это позволяет существенно сократить размеры транспортных и рабочих площадок.

### 3.2 Рациональные уклоны автомобильных дорог при использовании автосамосвалов с МЦМ

Предлагаемый механизм изменения центра масс [1] позволяет увеличить силу тяги автосамосвала на 11-25 %, что способствует увеличению преодолеваемого уклона дороги на подъем.

В настоящее время на железорудных карьерах принят уклон автодорог в среднем 100-120 ‰. Применение автосамосвалов с МЦМ позволит увеличить его в 2-3 раза.

По результатам исследований тяговых характеристик автосамосвала и мер безопасности обоснованы приращение силы тяги и продольного уклона транспортных коммуникаций, что позволило рассчитать рекомендуемые значения уклонов для глубоких горизонтов карьера (см. табл. 1)



Таблица 1 – Рекомендуемые уклоны продольных дорог по критерию 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

Рассчитанные рекомендуемые продольные уклоны постоянных технологических автомобильных дорог 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. Рекомендуемые значения продольных уклонов автодорог также рационально применять при проектировании нового карьера.

### 3.3 Рациональная высота подъема груза и длина транспортирования

При применении МЦМ на автосамосвалах возможно увеличить уклон дорог (см. п.3.2), что уменьшит длину транспортирования горной массы автосамосвалами.

Поскольку длина транспортирования горной массы по внутрикарьерным дорогам лимитируется условиями безопасного движения автотранспорта на подъем (без перегрева двигателя), то сокращение длины транспортирования при повышенном уклоне дорог позволит увеличить высоту подъема горной массы до перегрузочного пункта, то есть можно будет на некоторую величину произвести углубку карьера без переноса перегрузочного пункта на нижележащие горизонты.

Рациональная высота подъема горной массы автосамосвалами с МЦМ определяется по выражению

$$H_{\text{п}} = \frac{L_0 \cdot i}{\frac{l_r \cdot i}{h_3} + 1}, \quad (2)$$

где  $L_0$  – общая длина транспортирования горной массы автосамосвалами;  $i$  – усредненный продольный уклон автодороги;  $l_r$  – длина единичного горизонтального участка дороги между участками подъема, обоснованная исходя из безопасности движения автосамосвала;  $h_3$  – высота, на которую может поднять груз автосамосвал без горизонтальной вставки, м.

На рис. 5 приведена зависимость рациональной высоты подъема горной массы и уклонов автодорог.

Из приведенных зависимостей следует, что применение автосамосвалов с МЦМ позволяет за счет увеличения уклонов автодорог углубить карьер без переноса перегрузочного пункта за счет сокращения длины транспортирования.

При условии сохранения постоянным значение высоты подъема горной массы применение автосамосвалов с МЦМ позволяет сократить длину транспортирования (см. рис. 6). Так при увеличении уклона автодороги на 66 % уменьшается длина транспортирования на 40%.

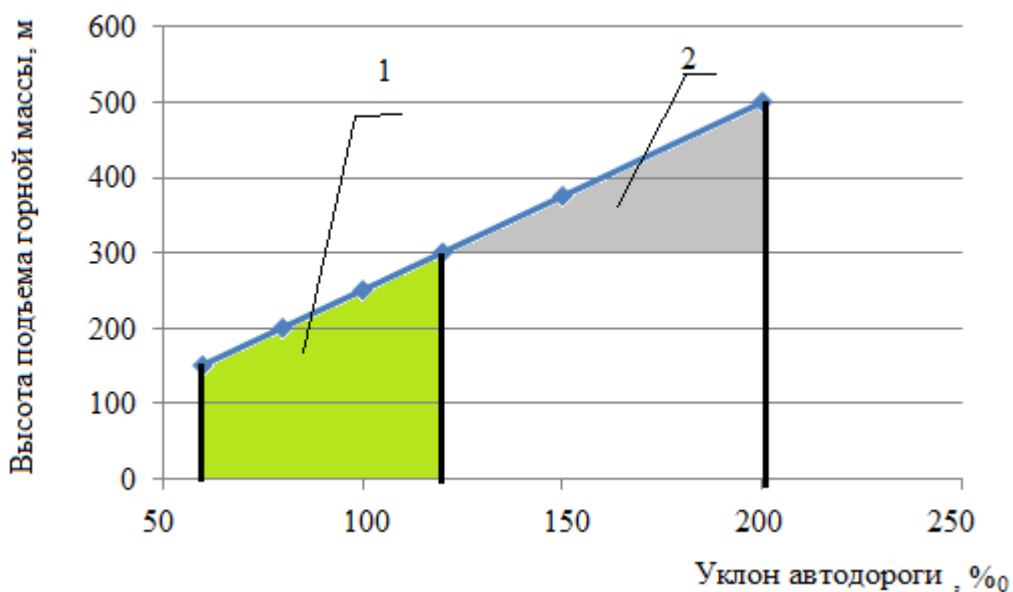


Рис. 5– Зависимость рациональной высоты транспортирования горной массы при существующих уклонах дорог (1) и увеличенных (2) за счет применения автосамосвалов с МЦМ от уклона дороги для длины транспортирования 3,0 км.

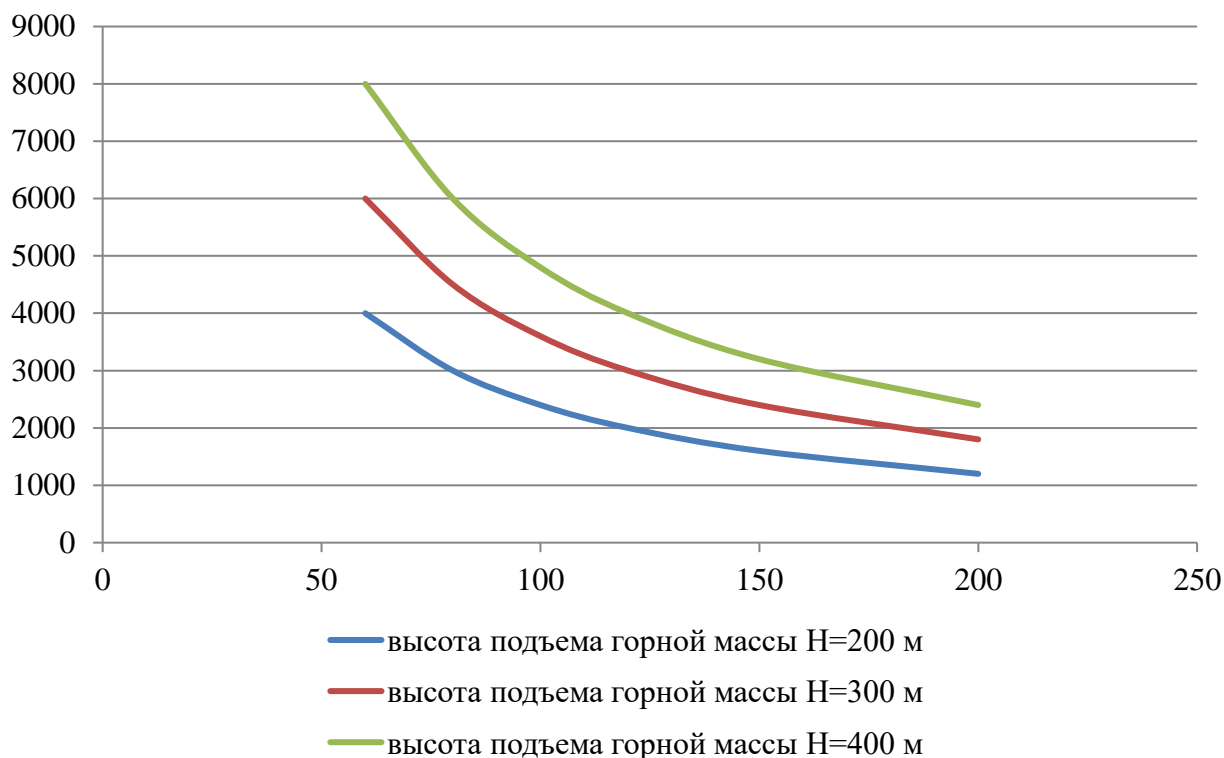


Рис. 6 – Графики сокращения длины транспортирования горной массы при увеличении продольного уклона автодороги

Положительным эффектом сокращения общей длины транспортирования горной массы по внутрикарьерным дорогам является уменьшение количества транспортных берм, что способствует возможности вскрытия законсервированных под ними запасов с минимальным объемом вскрыши.

### 3.4 Параметры криволинейных участков внутрикарьерных дорог

Площадка для размещения петли поворота дороги - это участок автодороги, состоящий из двух проезжих частей (одно- или двухполосных) и криволинейного участка, который определяется исходя из конструктивных особенностей применяемых самосвалов на этом участке дороги. Ширина площадки для размещения петли поворота дороги определяется из выражения

$$Ш_{разв.пл.} = 2Ш_a + Ш_{разв.}, \quad (3)$$

где  $Ш_{разв.пл.}$  – ширина площадки для размещения петли поворота дороги, м;

$Ш_a$  – ширина проезжей части автодороги, м;

$Ш_{разв.}$  – ширина криволинейного участка, определяемая радиусом разворота автосамосвала, м. Согласно нормативным документам [5] «в особенно ограниченных условиях на внутрикарьерных и отвальных дорогах минимальный радиус горизонтальной кривой допускается принимать не меньше 2-х

конструктивных радиусов поворота для одиночных карьерных автомобилей и не меньше 3 – для тягачей с полуприцепами».

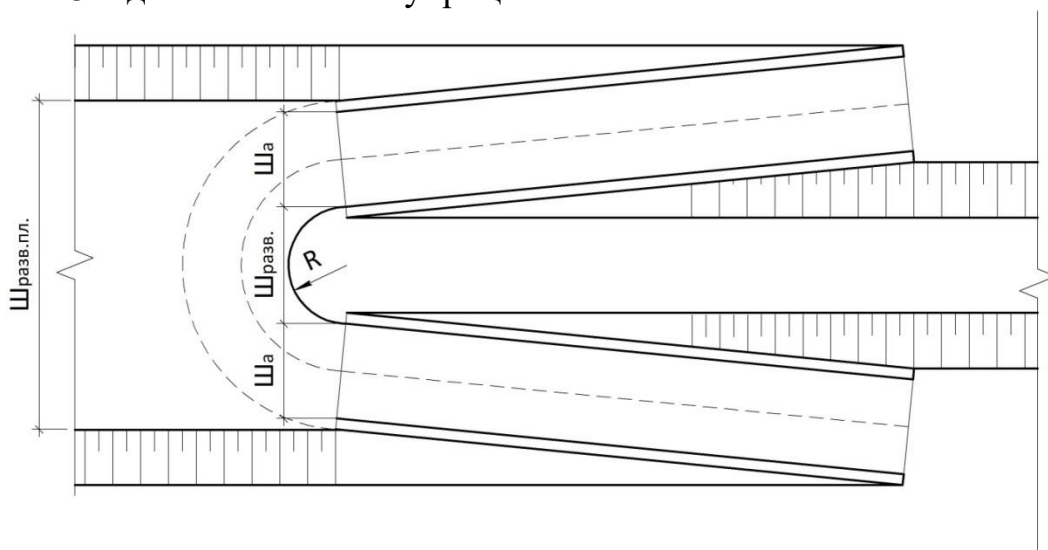


Рис. 7 – Схема внутрикарьерной площадки для разворота автомобилей

Таким образом, уменьшение ширины площадки для размещения петли поворота дороги возможно за счет уменьшения ее основных параметров: ширины проезжей части и криволинейного участка.

Ширина проезжей части дороги определяется габаритными размерами автосамосвала, количеством полос движения и размерами берм безопасности.

$$Ш_{a.д.} = 2(a + y) + x, \quad (4)$$

где  $a$  – ширина автосамосвала, м;

$x$  – ширина между кузовами встречных автосамосвалов, м, определяется по выражению

$$x = 2y,$$

$y$  – ширина обочин, м, определяется по выражению

$$y = 0,5 + 0,05 v,$$

где  $v$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

Таким образом, ширина проезжей части прямо пропорционально зависит от ширины автосамосвала и скорости его движения

Согласно [5] для БелАЗа 75131 грузоподъемностью 130 т, у которого ширина по зеркалам 7000 мм, по кузову 6400 мм, ширина проезжей части должна быть не меньше величин указанных в таблице 2. В зависимости от глубины разработки допустимая ширина проезжей части отображена на рис. 8.

Таблица 2 - Ширина проезжей части при одно- и двухполосном движении автомобилей

Параметры поперечного профиля	Значения параметров для дорог категории											
	I-к				II-к				III-к			IV-к
	при условии расположения автодороги на глубине карьера, м											
	до 50	50 - 100	100 - 200	более 200	до 50	50 - 100	100 - 200	более 200	до 50	50 - 100	более 100	любая глубина
Количество полос движения	2	2	2	2	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Ширина проезжей части, м для автомобиля шириной, м												
6,4	25,0	22,5	20,0	19,0	24,0/9,0	22,0/9,0	19,5/9,0	18,5/9,0	23,0/8,5	20,0/8,5	18,0/8,5	17,0/8,5
7,8	31,0	29,0	25,0	24,0	30,0/10,5	28,0/10,5	24,5/10,5	23,5/10,5	29,0/10,0	26,0/10,0	23,0/10,0	21,5/10,0

Скорость движения автосамосвала в карьере определяется конфигурацией дороги и условиями безопасности.

На криволинейных участках скорость движения зависит от конструктивного радиуса поворота автосамосвала (см. рис. 9).

Таким образом, при рассмотрении ширины автодороги под БелАЗ 75131 с МЦМ, примыкающей к круговым участкам дороги и серпантинам, предлагается принять ее равной 18-18,5, что подтверждается результатами [6].

При принятой ширине проезжей части, равной 18,5 м, ширина площадки для размещения петли поворота дороги при разных радиусах поворота автосамосвала будет равна значениям, приведенным в таблице 3.

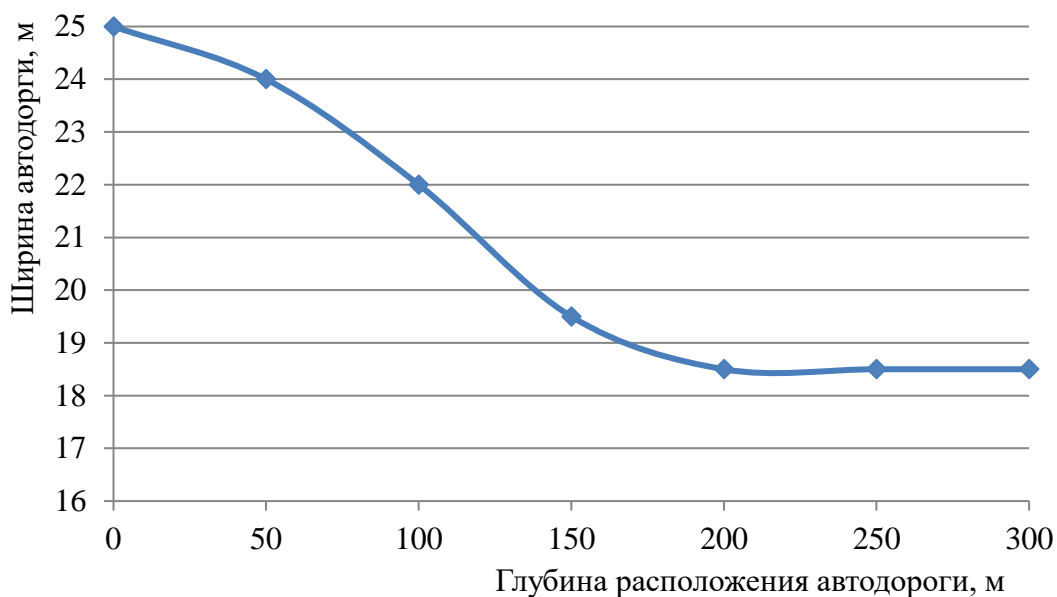


Рис. 8 – Ширина проезжей части в зависимости от глубины расположения автодороги

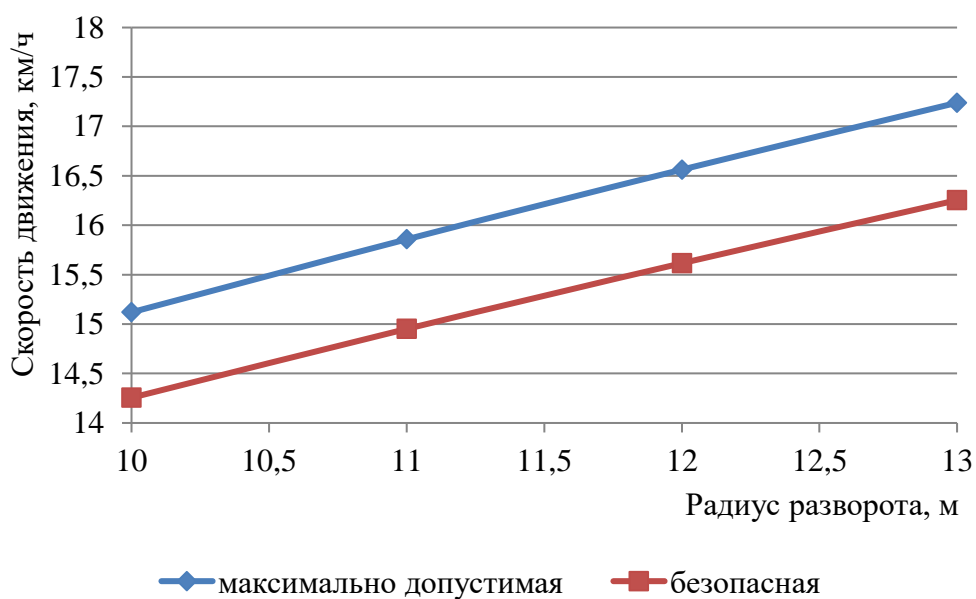


Рис. 9 – Зависимость скорости движения от радиуса поворота автосамосвала

Таблица 3 – Расчет ширины площадки для разворота автосамосвала

Ширина проезжей части, м	Водоотводящие сооружения, м	Ограждающий вал, м	Ширина бермы безопасности, м	Радиус разворота автосамосвала, м	Ширина круговой кривой	Ширина площадки для разворота автомобилей, м
18,5	2,5	4	3	13	26	72,5
18,5	2,5	4	3	12	24	70,5
18,5	2,5	4	3	11	22	68,5
18,5	2,5	4	3	10	20	66,5

Таким образом, величина ширины площадки для размещения петли поворота дороги может быть уменьшена на 6 м, что составляет 8,2 %. В соответствии с планами горных работ в пределах рабочего борта карьера применяют в среднем от 2-3 до 5-6 петлевых съездов. Экономический эффект от использования современной техники заключается в рациональном использовании внутрикарьерного пространства, возможности поставить борт под более крутым углом, уменьшить параметры автомобильных дорог, вскрыть дополнительные балансовые запасы.

### 3.5 Возможные угол наклона борта карьера, площадь вскрытых запасов и объем вскрышных работ при сокращении ширины и длины транспортных коммуникаций в карьере

Угол откоса нерабочего борта определяется по выражению

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \frac{k \cdot h_y}{(k - n)b_m + n \cdot Ш_p + k \cdot b_n + k \cdot h_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha'} \quad (5)$$

где  $b_m$  и  $b_n$  – ширина соответственно транспортной и предохранительной берм

$\alpha$  – угол откоса уступа;

$k$  – количество уступов на борту;

$h_y$  – высота уступа;

$n$  – количество площадок для размещения петли поворота дороги;

$Ш_p$  – ширина единичной площадки для размещения петли поворота дороги

При применении для транспортирования горной массы автосамосвалов с МЦМ возможно уменьшение площадки для разворота на величину  $x$ , изменяющуюся от 0 до 30%.

Тогда ширина площадки будет равна

$$Ш_{p,m} = Ш_p \cdot (1 - x)$$

Возможный угол откоса нерабочего борта при использовании автосамосвалов с МЦМ можно определить по выражению

$$\operatorname{tg} \gamma_{n,m} = \frac{k \cdot h_y}{(k - n)b_m + n \cdot Ш_p(1 - x) + k \cdot b_n + k \cdot h_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha'} \quad (6)$$

Для условий отработки синклинальной складки уменьшение объемов вскрыши составит

$$S = 0.5 \cdot l_0 \cdot H \cdot L_\phi$$

где  $l_0$  – основание треугольника (см. рис.10),

$$l_0 = k \cdot h_y (\operatorname{ctg} \gamma_n - \operatorname{ctg} \gamma_{n,m})$$

$H$  – высота борта карьера, равная  $H = k \cdot h_y$ ,

$L_\phi$  – длина фронта, на протяжении которого расположены площадки для разворота автосамосвалов.



Тогда  $S$  равна

$$S = 0.5 (k \cdot h_y)^2 \cdot (\operatorname{ctg} \gamma_n - \operatorname{ctg} \gamma_{н.м}) \cdot L_\phi$$

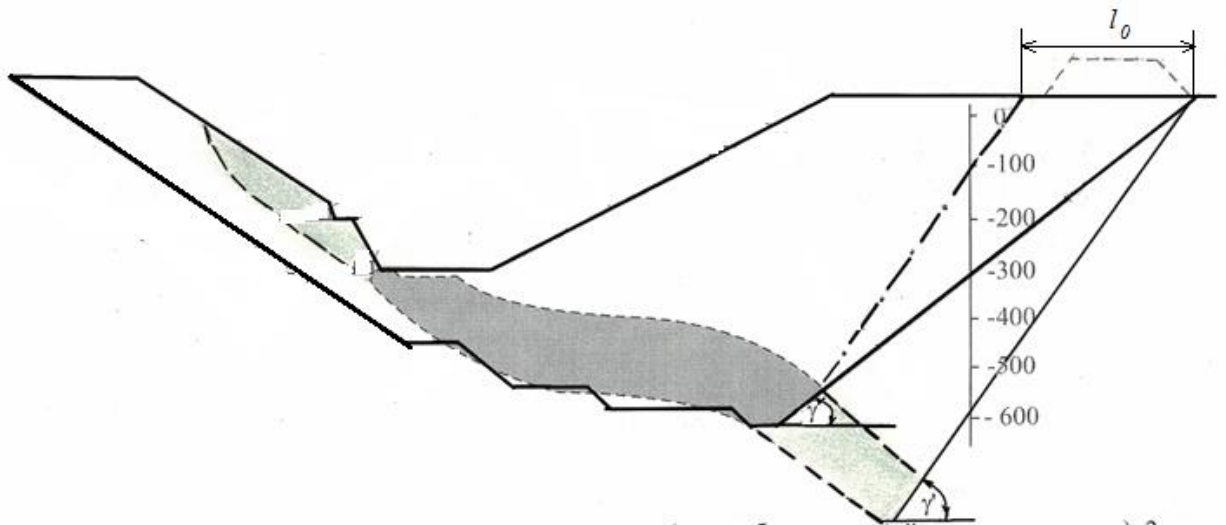


Рис.10 – Схема к определению уменьшения объемов вскрышных работ при отработке запасов с повышенным углом откоса нерабочего борта карьера

Тогда мощность вскрыши составит

$$V_M = 0.5 (k \cdot h_y)^3 \cdot (\operatorname{ctg} \gamma_n - \operatorname{ctg} \gamma_{н.м}) \cdot L_\phi,$$

а объем дополнительных вскрытых запасов

$$V_3 = l_0 \cdot m \cdot L_\phi$$

где  $m$  – мощность залежи, м

При отработке крутопадающей залежи

- прирост запасов определяется по выражению

$$V_{л.з.} = (H'_к - H_к) \cdot m \cdot L$$

- объем вскрышных пород

$$V_\partial = H_к^2 (\operatorname{ctg} \gamma' - \operatorname{ctg} \gamma) L$$

где  $L$  – длина карьерного поля на данном горизонте, м;

$m$  – мощность пласта, м;

$l$  – длина прироста запасов по падению залежи, м.

Таким образом, сокращение радиуса разворота автосамосвала и количества петлевых съездов (за счет увеличения уклона автодорог) позволяет увеличить угол откоса нерабочего борта карьера и с минимальным объемом вскрышных работ вскрыть законсервированные под транспортными коммуникациями запасы. Это позволяет увеличить площадь готовых к выемке запасов и продлить срок эксплуатации карьера.

## ВЫВОДЫ

Основными параметрами карьерных автосамосвалов являются грузоподъемность, мощность двигателя, объем кузова, колесная формула, сила тяги и минимальный радиус поворота. Радиус разворота и возможная сила тяги обуславливаются величиной межосевого расстояния и для

автосамосвалов определенной конструкции являются величинами постоянными. Таким образом, изменяя межосевое расстояние можно регулировать возможную силу тяги и радиус разворота автосамосвала.

Предложенная конструкция механизма изменения положения центра масс и межосевого расстояния (МЦМ), результаты применения которой промоделированы математически и в программном комплексе «Универсальный механизм», позволяет:

- регулировать межосевое расстояние базы автосамосвала;
- увеличение межосевого расстояния автосамосвала типа БелАЗ 7512-7513 позволяет увеличить силу тяги на 11-25 % и преодолеваемый уклон в 2-3 раза, а при движении по дороге с уклоном 70% значительно снижается потребная сила тяги, что позволит более экономично расходовать дизельное топливо;
- уменьшение межосевого расстояния автосамосвала на величину  $\Delta$  равную 0,2 м позволяет уменьшить радиус его разворота на 1,1 м; максимально возможное изменение межосевого расстояния для БелАЗ моделей 7512-7513 равно 1,5 м, при этом радиус поворота изменяется на 4,4 м;
- безопасность движения автосамосвала по дорогам с увеличенным уклоном обеспечивается за счет увеличения угла опрокидывания.

На основе математического моделирования и горно-геометрического анализа получены взаимосвязи между параметрами систем разработки глубоких горизонтов карьера и эксплуатационно-техническими параметрами автосамосвала. Применение МЦМ на автосамосвалах типа БелАЗ 7512-7513 позволяет:

- увеличить продольный уклон внутрикарьерных автодорог с 120 до 200 % что позволит увеличить высоту подъема горной массы на 200 м или сократить длину транспортирования до 40%;
- сократить радиус разворота автосамосвала и количество транспортных берм (за счет увеличения уклона автодорог), что в свою очередь приводит к увеличению угла откоса нерабочего борта карьера и сокращению объема вскрышных работ для вскрытия законсервированных под транспортными коммуникациями запасов. Это позволяет увеличить площадь готовых к выемке запасов и продлить срок эксплуатации карьера.

Приведенные рекомендации к расчету параметров систем разработки при использовании для транспортирования горной массы автосамосвалов с МЦМ основаны на аналитических, теоретических и экспериментальных работах, могут быть применены для определения параметров разработки глубоких горизонтов карьеров, что обеспечит положительную экономическую эффективность и обеспечит увеличение продолжительности эксплуатации карьеров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель 79872 Україна, МПК кл. В 62 G 21/00 Задня підвіска вантажного автомобіля з електромеханічною трансмісією / К.А.Зіборов, Г.К. Ванжа, К.М. Бас, В.В. Кривда (UA).; заявл. 25.04.2013; опубл. 12.08.2013, Бюл. №15
2. Кривда, В.В. Параметры автомобильно-железнодорожной перегрузочной площадки при использовании карьерного автотранспорта с механизмом изменения центра масс / В.В. Кривда // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск:- 2013.- №111 .- С. 58-66.
3. Басс, К.М. Плоскостное и пространственное математическое моделирование движения карьерного автотранспорта / К.М. Басс, В.В. Плахотник, В.В. Кривда // Науковий Вісник ДДМА. – 2013. – № 3 . – С56.
4. Басс, К.М. Применение механизма изменения положения центра масс (МЦМ) в карьерном автотранспорте в условиях повышенных уклонов автодорог / К.М. Басс, В.В. Плахотник, В.В. Кривда // Гірничя електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2013 – Вип.14 – С. – 5 – 9.
5. СОУ – Н МПП 73.020 – 078 – 2 : 2008 Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина II. Т.1 Відкриті гірничі роботи. – Київ, Міністерство промислової політики України, 2008. – 714 с.
6. Дриженко, А.Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы: моногр. / А.Ю. Дриженко. – Д.: НГУ, 2011. – 542 с.