

УДК 622.684

## ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УКЛОНА ДОРОГИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Хорешок Алексей Алексеевич,  
доктор техн. наук, профессор, e-mail: [haa.omit@kuzstu.ru](mailto:haa.omit@kuzstu.ru)  
Фурман Андрей Сергеевич,  
инженер, старший преподаватель, e-mail: [asf30@mail.ru](mailto:asf30@mail.ru)

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

### Аннотация

Приведены методика и результаты теоретических исследований влияния продольного уклона на производительность экскаваторно-автомобильных комплексов.

Получены закономерности изменения производительности карьерных автосамосвалов от продольного уклона дороги.

**Ключевые слова:** продольный уклон дороги, карьерный автосамосвал, производительность

В настоящее время в угольной промышленности страны особое внимание уделяется открытому способу добычи угля, что связано с более высокой его производительностью и рентабельностью. По разным оценкам, доля угля, добываемого открытым способом, составляет в настоящее время 50–65%, а в дальнейшем увеличится до 80–85%. [1].

Развитие открытого способа добычи полезного ископаемого сопровождается ростом масштабов производства, увеличением глубины карьеров и усложнением горнотехнических условий эксплуатации основного технологического оборудования [2].

С ростом глубины карьеров наиболее узким местом в горном производстве становится технологический автомобильный транспорт, так как рост глубины увеличивает либо расстояние транспортирования, либо продольные уклоны дорог, а одно и другое снижает эффективность экскава-

торно-автомобильных комплексов.

Удельный вес транспортных затрат в трудоемкости и энергоемкости процесса добычи полезных ископаемых достигает 55-60 % при добыче с глубины 100-150 м, а при увеличении глубины до 200–250 м – 65-70 %. Из них более 50 % приходится на автомобильный транспорт [3]. В связи с этим повышение эффективности использования экскаваторно-автомобильных комплексов и снижение транспортных издержек на перевозки становится актуальной задачей.

Рабочий процесс экскаваторно-автомобильного комплекса с выходным параметром производительность автосамосвалов:

$$W_m = \frac{q\gamma T_{cm} N_{ac}}{\frac{l_{ez}}{\beta v_m} + T_{np}}$$

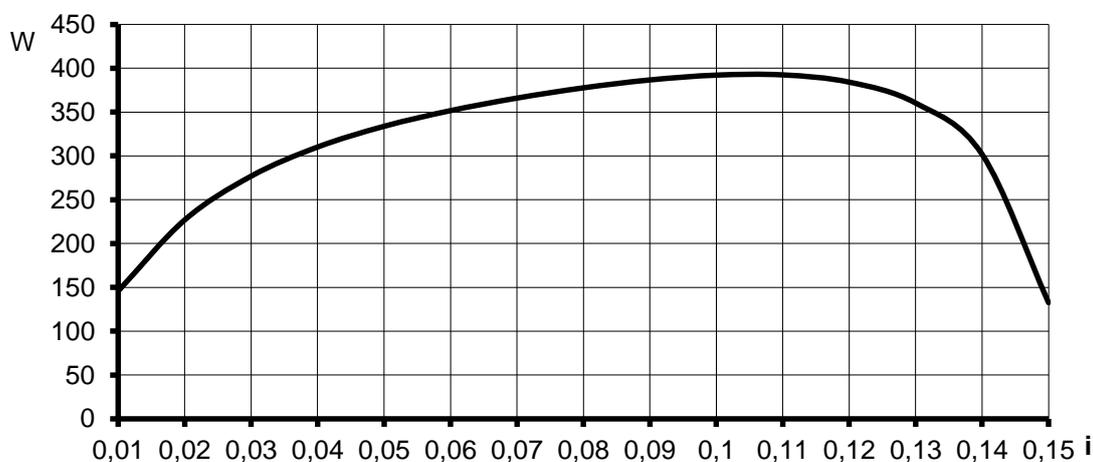


Рис. 1 Зависимость производительности  $W$  автосамосвала БелАЗ-75131 от продольного уклона дороги  $i$ .

где  $q$  - грузоподъемность автосамосвала, т;  $\gamma$  - коэффициент использования грузоподъемности;  $\beta$  - коэффициент использования пробега;  $T_{np}$  - общее время простоя автосамосвала в течении одного рейса, ч;  $v_m$  - техническая скорость движения автосамосвала, км/ч;  $N_{ac}$  - число автосамосвалов ЭАК;  $T_{см}$  - продолжительность смены;  $l_{ez}$  - расстояние транспортирования груза

Ввиду того, что в реальности геометрия маршрутов движения карьерных автосамосвалов характеризуется большим разнообразием, существует необходимость применения единой расчётной схемы маршрута.

В зависимости от геометрии различают про-

стую, петлевую, спиральную и комбинированную трассы, развертки которых представляют собой совокупность отрезков трассы. Если допустить, что продольные уклоны отрезков трассы изменяются незначительно, то можно представить любую трассу в виде простой, у которой длина транспортирования связана с продольным уклоном дороги обратно пропорциональной зависимостью.

$$l_{ez} = H / i$$

где  $H$  - перепад высот транспортирования, км;  $i$  - продольный уклон дороги.

Техническую скорость можно определить по формуле:

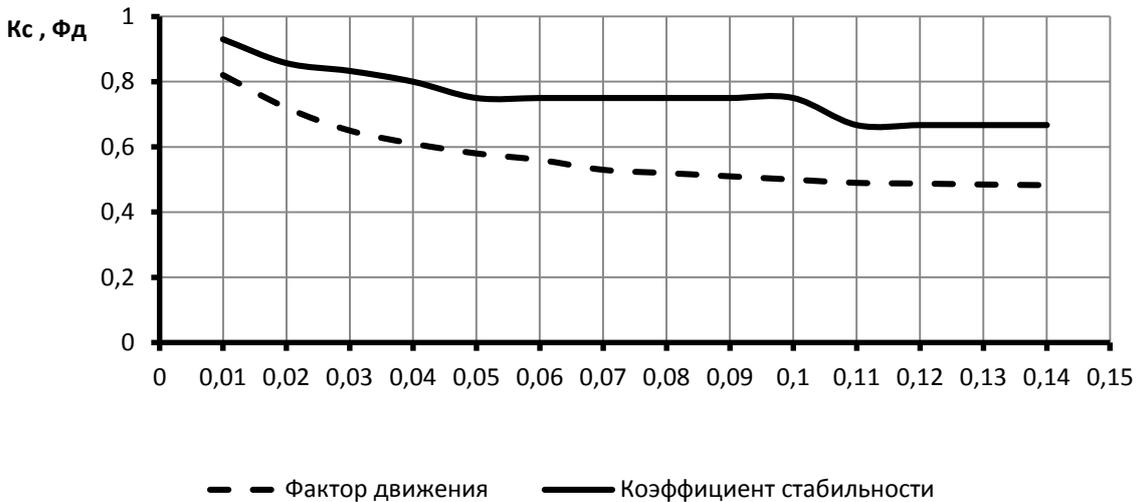


Рис.2 Зависимость коэффициента стабильности  $K_c$  и фактора движения  $\Phi_d$  от продольного уклона дороги

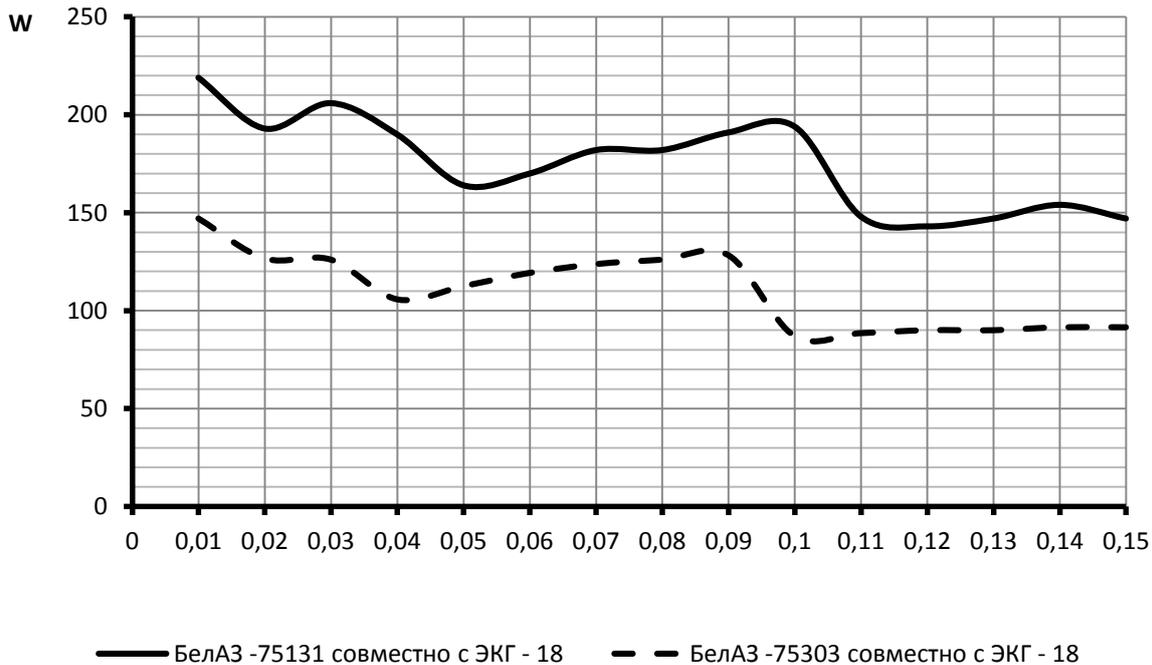


Рис.3 Зависимость производительности  $W$  ЭАК от продольного уклона дороги  $i$  [6].

$$V_m = 2 \left( \frac{V_i V_\partial}{V_i + V_\partial} \right)$$

где,  $V_i$  – скорость движения автосамосвала на подъем, км/ч;  $V_\partial$  – допустимая скорость движения на спуск, км/ч.

Скорость движения автосамосвала на подъем [4-5]:

$$v_i = \frac{270 N_e \eta_{mp}}{(G_a + q\gamma)(f + i)}$$

где  $N_e$  – мощность двигателя автосамосвала, кВт;  $\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;  $G_a$  – собственный вес автосамосвала, Н;  $f$  – коэффициент сопротивления качению.

Допустимая скорость движения на спуск [4-5]:

$$v_\partial = \frac{gR + \sqrt{t_n^2 + \frac{2(G_a + q\gamma)(l_e - l_3)}{gR}} - t_n}{G_a + q\gamma}$$

$$R = g \left[ \frac{\mu_e}{r_k} \lambda + (G_a + q\gamma)f(1 - \lambda) \pm (G_a + q\gamma)i \right]$$

где  $\mu_e$  – тормозной момент автосамосвала, кг·м;  $r_k$  – радиус качения колеса, м;  $f$  – коэффициент сопротивления качению;  $i$  – продольный уклон карьерной автодороги;  $t_n$  – предтормозное время, с;  $\lambda$  – коэффициент, определяющий степень проскальзывания заторможенных колес;  $l_3$  – запас длины останочного пути, принимается равным длине автосамосвала, м.

С учетом этого можно записать:

$$W_m = \frac{q\gamma T_{cm} N_{ac}}{H} + T_{np} \cdot i \cdot \beta \cdot 2 \left( \frac{V_i V_\partial}{V_i + V_\partial} \right)$$

Продольный уклон дороги оказывает сложное воздействие на производительность экскаваторно-автомобильных комплексов.

Рассмотрим простой экскаваторно-автомобильный комплекс, состоящий из одного экскаватора и одного автосамосвала.

С одной стороны, если принять техническую скорость автосамосвала неизменной, тогда с увеличением уклона за счет уменьшения расстояния транспортирования производительность ЭАК будет увеличиваться.

С другой стороны, увеличение уклона приводит к снижению технической скорости, что увеличивает время транспортирования, а следовательно уменьшает производительность. Следовательно, реальная зависимость часовой производительности от продольного уклона дороги носит параболический характер (рис. 1).

Переходя к более сложным экскаваторно-автомобильным комплексам, получим, что уменьшение величины продольного уклона приводит не только к увеличению расстояния транспортирования, но и к росту фактора движения ЭАК.

Таким образом, уменьшение величины продольного уклона позволяет использовать большее число автосамосвалов в экскаваторно-автомобильном комплексе, увеличивая производительность и стабильность ЭАК (рис. 2, 3).

Следовательно, реальная зависимость производительности ЭАК от продольного уклона дороги имеет экстремумы, при которых производительность будет максимальна. Поэтому выбор рационального продольного уклона дороги для ЭАК с использованием функционального критерия имеет смысл.

$$i_{\text{рац}} \rightarrow Q_T = \max,$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П. Л. Мариев, А. А. Кулешов, А. Н. Егоров, И. В. Зырянов. - СПб.: Наука, 2004. – 429с.
2. Кулешов А. А. Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы карьеров. – М.: Недра, 1980.- 317с.
3. Васильев М. В., Сироткин З. Л., Смирнов В. П. Автомобильный транспорт карьеров. - М., Недра, 1973. - 280 с.
4. Фурман А. С. Ограничения скоростей движения карьерных автосамосвалов / А. С. Фурман, А. А. Хорешок, Д. В. Стенин // Научные труды магистров, аспирантов и соискателей: Сборник № 2 / Под ред. В.А. Полетаева. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2008. – с 34-38.
5. Фурман А. С. Исследование распределения скоростей движения карьерных автосамосвалов / А. С. Фурман, А. А. Хорешок, Д. В. Стенин // Горное оборудование и электромеханика № 5, 2009. – С. 48-49.
6. Программа для ЭВМ № 2012616861 Российская Федерация. Программа моделирования работы экскаваторно-автомобильных комплексов / А. С. Фурман, Д. В. Стенин, Н. А. Стенина; заявитель и пра-

вообладатель ФГБОУ ВПО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. – № 2012614675; заявл. 07.06.12; рег. 01.08.12.

Поступило в редакцию 9.04.2015

## THE EFFECT OF LONGITUDINAL SLOPE OF THE ROAD ON THE PERFORMANCE OF THE EXCAVATOR-MOTORCAR COMPLEXES

**Horeshok Aleksey A.,**  
Dr. Sc. (Engineering), e-mail: [haa.omit@kuzstu.ru](mailto:haa.omit@kuzstu.ru)  
**Furman Andrey S.,**  
G. En., Senior Lecturer, e-mail: [asf30@mail.ru](mailto:asf30@mail.ru)

<sup>1</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

### Abstract

*The methods and results of theoretical studies of the effect of longitudinal slope on the productivity of the excavator-automobile complexes.*

*The obtained regularities of changes in the productivity of the mine dump on longitudinal slope of the road.*

**Keywords:** *longitudinal slope of the road, quarry haul trucks, performance.*

### REFERENCES

1. Mariev P.L., Kuleshov A.A., Egorov A.N., Zyrjanov I.V. Kar'er-nyj avtotransport: sostojanie i perspektivy. [Career vehicles: status and prospects]. *St. Peterburg.*: "Science Publishers", 2004. 429 p. (rus)
2. Kuleshov A.A. Moshhnye jekskavatorno-avtomobil'nye komplekсы kar'erov. [Powerful excavator-automobile complexes quarries]. *Moscow*: "Nedra Publishers", 1980. 317 p. (rus)
3. Vasil'ev M.V., Sirotkin Z.L., Smirnov V.P. Avtomobil'nyj transport kar'erov. [Motor transport is the pits.]. *Moscow*: "Nedra Publishers", 1973. 280 p. (rus)
4. Furman A.S., Horeshok A.A., Stenin D.V. Nauchnye trudy magistrrov, aspirantov i soiskatelej: Sbornik # 2 / pod red. V.A. Poletaeva. *Kemerovo*: GU KuzGTU Publishers, 2008. Pp. 34-38. (rus)
5. Furman A.S., Horeshok A.A., Stenin D.V. Gornoe oborudovanie i jelektromehanika. 2009. # 5, Pp. 48-49. (rus)
6. Furman A. S., Stenin D. V., Stenina N. A. The computer software № 2012616861 Russian Federation. Programma modelirovanija raboty jekskavatorno-avtomobil'nyh kompleksov [The simulation program of work of the excavator-automobile complexes] – #2012614675 ; Appl. 07.06.12; reg. 01.08.12. (rus)

Received 09 April 2015