

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
Фурман Андрей Сергеевич,
инженер, старший преподаватель, e-mail: asf30@mail.ru

¹Кузбасский 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:

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

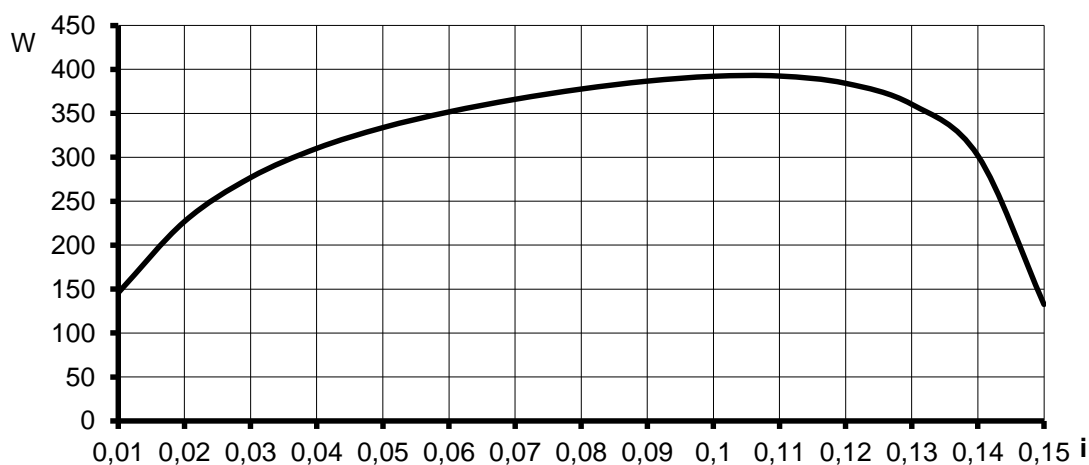


Рис. 1 Зависимость производительности W автосамосвала БелАЗ-75131 от продольного уклона дороги i .

где q - грузоподъемность автосамосвала, т; γ - коэффициент использования грузоподъемности; β - 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:

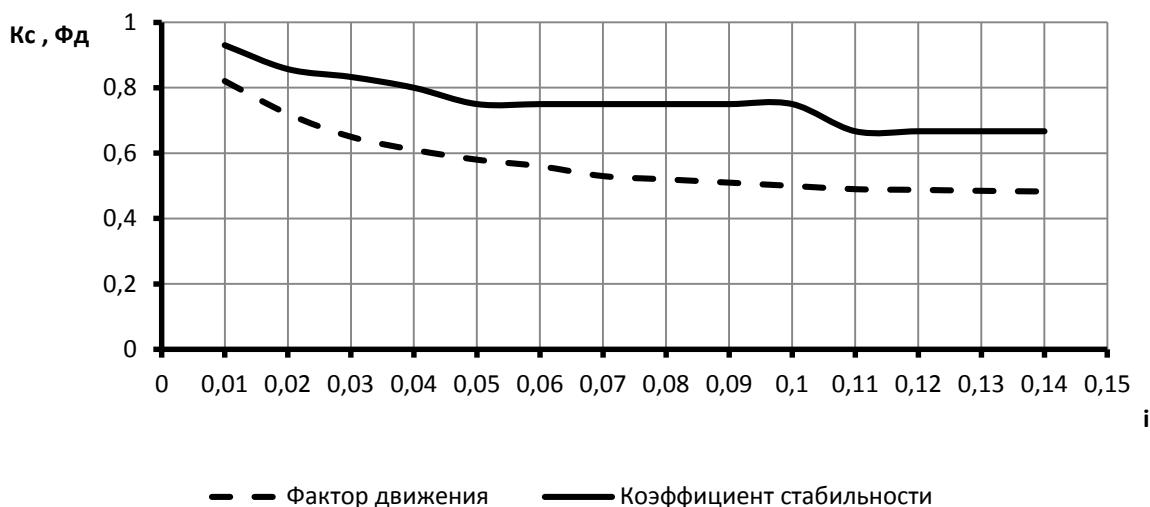


Рис.2 Зависимость коэффициента стабильности K_c и фактора движения Φ_d от продольного уклона дороги

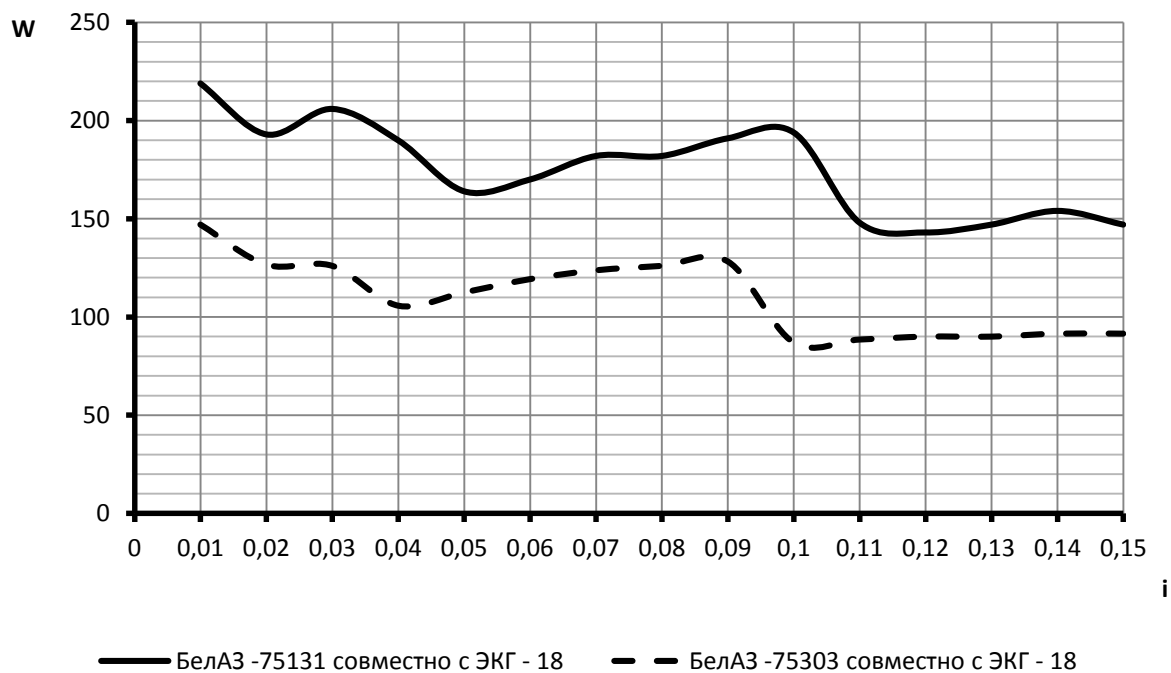


Рис.3 Зависимость производительности W ЭАК от продольного уклона дороги i [6].

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

где, V_i – скорость движения автосамосвала на подъем, км/ч; V_∂ – 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; η_{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 μ_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; λ – 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

Furman Andrey S.,

G. En., Senior Lecturer, e-mail: asf30@mail.ru

¹T.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