

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ В СОСТАВЕ АВТОПОЕЗДОВ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Кольга А.Д.¹, Московка Е.В.¹

¹Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

Аннотация

Проанализирована возможность использования автосамосвалов в составе карьерных автопоездов на открытых горных разработках с точки зрения повышения эффективности и экологичности автомобильного транспорта в карьерах. Установлено, что работа автосамосвалов в составе карьерных автопоездов позволяет повысить эффективность работы автомобильного транспорта, значительно сократить протяженность трассы, уменьшить объем горно-капитальных работ и их стоимость, уменьшить капитальные затраты на транспорт и его эксплуатацию, а также увеличить глубину отработки карьера и отказаться от подземной разработки нижних горизонтов месторождения.

Ключевые слова: автосамосвал, экология, уклон, транспортные машины, касательная сила тяги, коэффициент трения, коэффициент сцепления, автопоезд, автосцепка.

Необходимость изменения традиционных транспортных схем с использованием автомобильного транспорта на открытых горных разработках вызвана, с одной стороны, увеличивающейся глубиной карьеров, а с другой, обострившейся экологической ситуацией в глубоких карьерах, связанной с большой загазованностью карьерного пространства. При устранении загазованности возникают простои оборудования, продолжительность которых достигают в ряде случаев 1000-1500 часов в год [1, 2].

Технические решения по совершенствованию конструкции автосамосвалов [3] не позволяют устранить данную проблему. Некоторые исследователи полагают, что нагрузка на автотранспорт должна быть снижена и перераспределена между ним и железнодорожным или конвейерным транспортом. Необходимо переходить от транспортных систем с дискретными грузопотоками к системам с комбинированными грузопотоками, с использованием автомобильного, железнодорожного и конвейерного транспорта. Примеры реализации таких систем в настоящее время существуют на ряде карьеров России, Украины и Узбекистана [4].

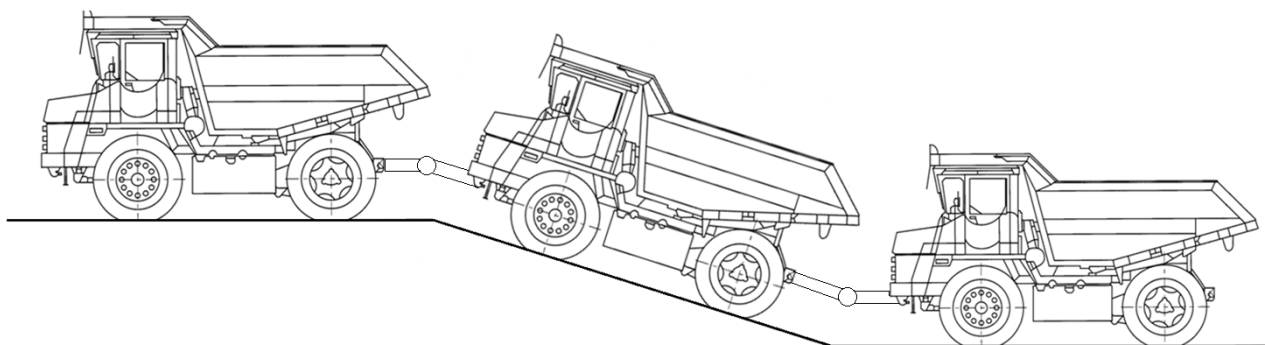
В последние годы также ведутся интенсивные по-

иски более прогрессивных решений, связанных с применением крутонаклонных ленточных конвейеров, позволяющих транспортировать дробленые крепкие породы и руды под углом 30-45° и более. Данные показатели в 2-3 раза больше по сравнению с применяемыми в настоящее время конвейерными подъемниками, угол подъема которых обычно не превышает 16°.

Вместе с тем, в последнее время произошла весьма существенная модернизация средств карьерного автотранспорта – автосамосвалы стали выпускаться с лучшими тягово-динамическими и экологическими характеристиками. Это позволяет надеяться на возможность расширения рациональной области применения карьерного автотранспорта.

Одним из путей расширения рациональной области применения карьерных автосамосвалов может стать использование автосамосвалов в составе карьерных автопоездов (**рисунок**).

Принцип работы таких поездов заключается в возможности автоматического формирования и расформирования состава поезда из автономных самосвалов при помощи автосцепок, работающих по принципу автоматических сцепных устройств на железнодорожном транспорте. Несколько автосамосва-



Автопоезд из карьерных автосамосвалов

лов могут объединиться в один состав и двигаться как одно целое. В случае необходимости любой из автосамосвалов может отцепиться от состава поезда и двигаться индивидуально по своему маршруту.

Анализ схем движения автосамосвалов показывает, что загрузка силовой установки любого карьерного автосамосвала не превышает 75%. Движение на подъем грузевого автосамосвала, когда реализуется максимальная мощность двигателя, составляет не более 45% от всего пути движения автосамосвала. Остальное время занимает движение грузевого автосамосвала по горизонтальным, пологонаклонным участкам пути, или же движение порожнего автосамосвала по обратным уклонам, где двигатель работает при минимальной нагрузке.

Например, упрощенный расчет по общеизвестной методике [5] касательной силы тяги и потребной мощности силовой установки для движения автосамосвала БелАЗ 7540 при заданных условиях: грузоподъемность – 30 т; собственный вес – 22.5 т; мощность силовой установки 309 кВт; движение осуществляется на горизонтальном участке пути по главным откаточным дорогам с щебеночным покрытием (коэффициент удельного основного сопротивления которых составляет $\omega_0 = 40 \text{ Н/кН}$) показал следующее.

Наибольшая касательная сила тяги F_k , необходимая для преодоления суммарного сопротивления движению составляет

$$F_k \geq \Sigma W = W_0 + W_i + W_k + W_j, \quad (1)$$

где W_0, W_i, W_k, W_j – соответственно, основное сопротивление движению, сопротивление от уклона дороги, сопротивление на криволинейных участках пути и сопротивление сил инерции.

$$W_0 = \omega_0 \cdot P \cdot g, \quad (2)$$

где P – масса грузевого автомобиля, т; g – ускорение свободного падения, м/с.

$$W_0 = 40 \cdot 52,5 \cdot 9,8 = 20580 \text{ Н.}$$

Условно примем значения W_i, W_k и W_j равными, соответственно, 0; 11576.25 и 5405.337, тогда $F_k \geq \Sigma W = 20580 + 0 + 11576.25 + 5405.33 = 37561.587 \text{ Н.}$

Если считать среднюю скорость движения на горизонтальном участке равной 20 км/час или 5.6 м/с, то мощность силовой установки без учета коэффициента полезного действия составляет

$$N = W \cdot V = 37561.587 \cdot 5.6 = 209 \text{ кВт}$$

Следовательно, при движении по горизонтальным участкам данный автосамосвал имеет резерв по мощности равный 100 кВт. Недогруз – 32%.

Таким образом, если, например, сформировать автомобильный поезд, состоящий из трех грузевого автосамосвалов, то при движении по горизонтальным участкам силовая установка одного автосамосвала может быть отключена, поскольку мощности силовых установок двух других автосамосвалов будет вполне достаточно для движения всего автомобильного поезда. В случае движения порожнего состава в обратном направлении, нагрузка на силовую установку еще более снижается и мощности силовой установки уже

одного автосамосвала будет достаточно для движения всего состава. В результате получается как экономия топлива, так и уменьшение загрязнения окружающей среды.

Наибольший интерес с точки зрения эффективности транспортного процесса представляет случай преодоления автомобильным поездом уклонов, когда длина автопоезда превышает длину уклона. Тогда часть автосамосвалов движется по горизонтальным участкам пути, а часть – по уклону. Машины, движущиеся по горизонтальным участкам пути, имея запас по касательной силе тяги, передают часть излишка своей касательной силы тяги машинам, движущимся по уклону, толкая их. Машины, уже преодолевшие подъем, тянут за собой машины, преодолевающие уклон.

Таким образом, суммарная касательная сила тяги, развиваемая ведущими колесами всех автосамосвалов поезда, перераспределяется между всеми составными единицами поезда, в соответствии с сопротивлением, приходящимся на каждую из них.

Как показывают расчеты, величина преодолеваемых уклонов поездами из автосамосвалов может быть значительно повышена. Например, для рассматриваемого нами случая автомобильного поезда, состоящего из трех автосамосвалов БелАЗ 7540, величина общей касательной силы тяги, которую могут развить ведущие колеса трех автосамосвалов поезда при движении со скоростью 15 км/час (4.2 м/с) может быть определена как

$$\Sigma W = \Sigma N/V = (309000 + 309000 + 309000) / 4.2 = 220714.286 \text{ Н.}$$

Если из этой величины исключить силу сопротивления перемещению автосамосвалов по горизонтальным участкам, определенную ранее, то можно рассчитать величину касательной силы тяги, которая может быть использована для преодоления уклонов

$$W_i = \Sigma W - 3 \cdot F_k = 220714.286 - 3 \cdot 37561.58 = 108029.546 \text{ Н.}$$

Зная эту величину, можно определить величину возможного преодолеваемого уклона

$$i = W_i / P g = 108029.546 / 525000 = 0.2058 = 21\%.$$

Это значение преодолеваемого уклона рассчитано только для автопоезда, состоящего из трех автосамосвалов. Если количество автосамосвалов в составе поезда будет больше, то соответственно увеличится и суммарная касательная сила тяги и преодолеваемый уклон.

В свою очередь, увеличение преодолеваемых уклонов позволяет значительно сократить протяженность трассы, уменьшить объем горно-капитальных работ и их стоимость, уменьшить капитальные затраты на транспорт и его эксплуатацию, а также увеличить глубину отработки карьера и отказаться от подземной разработки нижних горизонтов месторождения.

Кроме того, использование карьерных автопоездов в составе автосамосвалов малой грузоподъемности дает возможность сокращения числа водителей

автосамосвалов и, в дальнейшем, полностью перейти к созданию самоходных роботизированных комплексов для транспортирования грузов на различных маршрутах горных предприятий [6, 7].

Список литературы

1. Цыганов А.В., Осинцев Н.А., Гавришев С.Е., Рахмангулов А.Н. Формирование технологических схем безопасной работы карьеров. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 167 с.
2. Бурмистров К.В., Шакшапаев А.Н., Осинцев Н.А., Бурмистрова И.С. Влияние ширины транспортной бермы на технико-экономические показатели карьера // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2014. №5. С. 42-45.
3. Кольга А.Д. Колесные машины с регулируемым углом наклона плоскости колеса к оси вращения. Перспективы использования на горнодобывающих предприятиях // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2003. № 4. С. 42-45.
4. Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. СПб.: Наука, 2004. 429 с.
5. Щадов М.И., Подэрни Р.Ю., Углицкий Е.Н. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины цикличного действия / Под ред. М.И. Щадова, Р.Ю. Подэрни. М.: Недра, 1989. 384 с.
6. Кольга А.Д., Горячих В.Д. Совершенствование транспортно-технологических комплексов на горно-обогатительных предприятиях // Добыча, обработка и применение природного камня / Междунар. сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. Вып. 13. С. 55-58.
7. Kolga A.D., Rakhmangulov A.N., Osintsev N.A. Robotic Transport Complex of Automotive Vehicles for Handling of Rock Mass at the Process of Open Cast Mining // Transport Problems. 2015, T.10. №2. С. 109-116.

Материал поступил в редакцию 13.01.16

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ENVIRONMENTAL IMPROVING THE UTILIZATION OF DUMP TRUCKS IN THE COMPOSITION OF SUPPLY TRUCK TRAIN AT OPEN-PIT MINING

Kolga Anatoly Dmitrievich – D.Sc. (Eng.), Professor,
Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: kad-55@magtu.ru

Moskovka Evgeny Vladimirovich – Student
Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: kad-55@magtu.ru

Abstract

The possibility of using the dump trucks in the composition of supply truck train at open-pit mining has analysed with regard to increase the effectiveness and ecological properties of road transport in quarries. It was found that operation of dump trucks in the composition of supply truck train can improve the effectiveness of road transport, significantly reduce the length of the route, decrease the volume capital mining operations and its cost, minimize general costs for transport purchasing and its operation, as well as to increase the depth of pit mining and to renounce the underground extraction of bottom level of deposit.

Keywords: dump truck, ecology, slope, transport machines, tractive effort, traction coefficient (adhesion coefficient), truck train, coupler.

References

1. Cyganov A.V., Osintsev N.A., Gavrishev S.E., Rakhmangulov A.N. Formirovanie tehnologicheskikh shem bezopasnoj raboty kar'erov: monografija [The formation of technological schemes for the safe operation of quarries: the monograph]. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University, 2014, 167 p.
2. Burmistrov K.V., Shakshapaev A.N., Osincev N.A., Burmistrova I.S. Vliyaniye shiriny transportnoj bermy na tekhniko-ehkonomicheskoe pokazateli kar'era [Width influence of transport berm to the technical and economic indicators of quarry] // Sovremennyye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2014. no.5. pp. 42-45. (In Russ.)
3. Kolga A.D. Kolesnyye mashiny s reguliruemym uglom naklona ploskosti kolesa k osi vrashcheniya. Perspektivy ispol'zovaniya na gornodobyvayushchih predpriyatiyah // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2003. no.4. pp. 42-45. (In Russ.)
4. Mariev P.L., Kuleshov A.A., Egorov A.N., Zyryanov I.V. Kar'ernyy avtotransport: sostoyaniye i perspektivy [Quarry transport: condition and perspectives]. St. Petersburg: Nauka, 2004. 429 p. (In Russ.)
5. Spravochnik mekhanika otkrytyh rabot. Ehkskavacionno-transportnyye mashiny ciklichnogo dejstviya [Handbook for mechanic of open-pit mining. Excavation-transport machines of circular action]. Moscow: Nedra, 1989. 384 p. (In Russ.)
6. Kolga A.D., Goryachih V.D. Sovershenstvovaniye transportno-tekhnologicheskikh kompleksov na gorno-obogatitel'nykh predpriyatiyah [The improvement of transport-technological complexes for mining and processing enterprises] // Dobycha, obrabotka i primeneniye prirodnogo kamnya [Mining, processing and application of natural stone] // Sb. nauch. tr. [Proceeding]. Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. tekhn. un-ta im. G.I. No-ova, 2013. pp. 55-58. (In Russ.)
7. Kolga A.D., Rakhmangulov A.N., Osintsev N.A. Robotic Transport Complex of Automotive Vehicles for Handling of Rock Mass at the Process of Open Cast Mining // Transport Problems. 2015, Issue.10,no.2.pp.109-116.

Received 13/01/16

Кольга А.Д., Московка Е.В. Повышение экологичности использования карьерных автосамосвалов в составе автопоездов на открытых горных работах // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. №1. С. 55-57

Kolga A.D., Moskovka E.V. Environmental improving the utilization of dump trucks in the composition of supply truck train at open-pit mining // Sovremennyye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2016, vol. 6, no. 1, pp. 55-57