

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ КАРЬЕРА «ЕШЛИК-1» АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК»

Абдикаримов Ф.Х.

магистрант по специальности “Горные машины и оборудование”;

Аннакулов Т.Ж.

научный руководитель, PhD, доцент.

Ташкентский государственный технический университет,

Ташкент, Узбекистан.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11214904>

***Аннотация.** В данной работе по методу Крамера и наименьших квадратов были получены зависимости между основными параметрами работы автосамосвала БелАЗ-75131 с учетом уклонов автодорог и массы автосамосвала применительно на карьере Ёшлик-1 АО «Алмалыкский ГМК».*

***Ключевые слова:** карьерный самосвал, скорости движения, сила тяги, метод наименьших квадратов, аппроксимирующая зависимость, эффективность.*

JUSTIFICATION OF THE BASIC PARAMETERS OF ROAD TRANSPORT FOR THE "ESHLIK-1" QUARRY OF "ALMALYK MMC" JSC

***Abstract.** In this work, using the Cramer method and least squares, dependencies were obtained between the main operating parameters of the BelAZ-75131 dump truck, taking into account the slopes of roads and the weight of the dump truck in relation to the Yoshlik-1 quarry of Almalyk MMC JSC.*

***Key words:** mining dump truck, driving speeds, traction force, least squares method, approximating dependence, efficiency.*

***Введение.** Месторождение "Ёшлик 1" находится на северном склоне Кураминского хребта. Оно располагается всего в одном километре от города Алмалык и соседствует с действующим рудником Кальмакыр. Работы по освоению месторождения были начаты по Постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП 2807 от 01.03.2017 года «О мерах по расширению производственных мощностей АО «Алмалыкский ГМК» на базе месторождения «Ёшлик-1». Этот колоссальный проект планируется запустить в 2024 году и создать в общей сложности 6 тысяч рабочих мест [1, 2].*

Проектирование карьера «Ёшлик-1» практически будет осуществлено с нулевого цикла с проработкой границ карьера, вскрытия и системы разработки, разработкой календарного графика отработки, расчетом оборудования и т.д. Доработка действующего карьера «Кальмакыр» предусматривается в части объединения границ в западной его части с контурами карьера «Ёшлик-1», а также применения на нем циклично-поточной технологии (далее ЦПТ) для транспортировки вскрышных пород на Накпайсайские отвалы.

Проектом предусматривается как задействование существующих медно-обогатительных фабрик (далее МОФ) №1 и №2, так и строительство новой МОФ-3, производительностью 60 млн т/год.

От правильности выбора технологии и техники при производстве горных работ зависит эффективность разработки на карьерах. В настоящее время при разработке

месторождений полезных ископаемых открытым способом широкое распространение находит ЦПТ, которая позволяет снизить себестоимость транспортирования горной массы на 30-40%, повысить производительность труда в 1,4-2,0 раза и сократить дальность транспортирования горной массы за счет применения ленточных конвейеров с углами наклона до 16-18°. Рост затрат на транспортирование и поиск вариантов более эффективных комбинированных способов доставки горной массы позволили интенсивно перейти на ЦПТ добычи полезных ископаемых и выемки вскрышных пород [3-21].

Карьер месторождения «Ёшлик-1» вскрывается системой внешних и внутренних выработок для организации движения железнодорожного, автомобильного и конвейерного транспорта. Производительность карьера составляет ежегодно 65 млн.т руды и 50 млн.м³ вскрышных пород.

При эксплуатации карьера схема вскрытия с использованием автомобильного спирального съезда обеспечивает эффективную работу большегрузных автосамосвалов. Вскрытие уступов в рабочей зоне карьера осуществляется временными автомобильными съездами.

Отработка руды предусматривается экскаватором ЭКГ-15 с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ 75131, грузоподъемностью 130 т, и транспортировкой на дробильно-перегрузочное устройство (ДПУ). Далее, руда конвейерным транспортом поступает на МОФ-3. Отработка лесов, окисленной и забалансовой руды предусматривается экскаваторами ЭКГ-15 и ЭКГ-20 с погрузкой в автосамосвалы грузоподъемностью 130 т и 220 т и транспортировкой во внешние отвалы лесов, окисленных и забалансовых руд соответственно. Отработка вскрышных пород предусматривается экскаваторами ЭКГ-20 с погрузкой в автосамосвалы грузоподъемностью 220 т и транспортировкой на ДПУ ЦПТ 1 и ЦПТ 2, с последующей транспортировкой на отвалы конвейерным транспортом. Для бурения взрывных скважин приняты станки шарошечного бурения СБШ 250МНА.

Для транспортировки горной массы месторождения Ёшлик-1 используются закупленные в 2017-2018 гг. автосамосвалы Белаз 75131, грузоподъемностью 130 т, и объемом кузова 46 м³ в количестве 54 единиц.

В проекте на карьере «Ёшлик 1» максимально используются автотранспортные средства, имеющиеся на руднике в соответствии с исходными данными. Для транспортировки горной массы от забоев до дробильно-перегрузочных устройств (ДПУ) ЦПТ, а также на рудные перегрузы используется автотранспорт: автосамосвалы грузоподъемностью 130 т – для транспортировки руды на ДПУ ЦПТ руды, лесов и забалансовой руды на отвалы вскрышных пород; автосамосвалы грузоподъемностью 220 т – для транспортировки скальных пустых пород на ДПУ ЦПТ 1 и 2 (породы).

Предполагается использовать автосамосвалы типа БелАЗ 75131 и 78231.

Основная часть.

В целях повышения эффективности работы карьерных самосвалов и эффективного использования экскаваторно-автомобильных комплексов можно предварительно рассчитывать их основные рабочие параметры для конкретных горнотехнических условий исходя из заданных технических данных. С этой целью разработаны научно-методические

рекомендации по практическому использованию функции тяговой силы самосвала БелАЗ-75131 в условиях карьера Ёшлик-1 [16-20].

При движении груженных автосамосвалов по территории карьера и далее к местам разгрузки по нормам безопасности максимальная скорость должна быть не более 35 км/ч, а порожних автосамосвалов не более 50 км/ч [21-22].

По паспортной характеристики можно провести аппроксимацию функции тягового усилия $f(x)$ в зависимости от скорости по методу наименьших квадратов. Паспортная характеристика работы автосамосвала при движении с полной массой применяемых на месторождении автосамосвалов БелАЗ – 75131 приведена на рисунке.

По имеющимся данным с паспорта горной техники определяются величины тягового усилия от значения скорости движения автосамосвалов (таблица-1).

Таблица 1

Соотношение величины тягового усилия (F) к значению скорости движения автосамосвалов (v)

V (x)	3	12	18	24	30	36	42	48
F (f(x))	36	26	20	15	11	9	7	6

Так как кривая близка к гиперболе, то аппроксимирующий многочлен необходимо искать в виде

$$\varphi(x) = a \frac{1}{x^2} + b \frac{1}{x} + c, \quad (1)$$

где a, b, c – искомые коэффициенты.

Эти коэффициенты можно определить по методу наименьших квадратов, то его коэффициенты вычисляются из системы

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^4} + b \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^3} + c \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^2} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{x_i^2} \\ a \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^3} + b \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^2} + c \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{x_i} \\ a \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^2} + b \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i} + c * n = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (2)$$

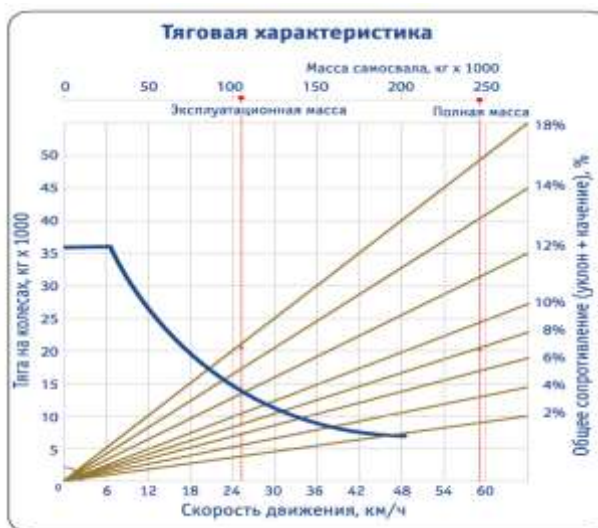


Рис. 1. Тяговая характеристика автосамосвала БелАЗ-75131

Далее составляется расчетная таблица (таблица-2).

Можно подставить полученные значения в систему.

$$\begin{cases} 0,012a + 0,038b + 0,126c = 4,29 \\ 0,038a + 0,126b + 0,62c = 16,81 \\ 0,126a + 0,62b + 8c = 130 \end{cases} \quad (3)$$

Система уравнений (3) решается методом Крамера. Первоначально вычисляется определитель матрицы «три на три», можно раскрыть по формуле

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1b_2c_3 + a_3b_1c_2 + a_2b_3c_1 - a_3b_2c_1 - a_1b_3c_2 - a_2b_1c_3$$

Таблица 2

Расчетная таблица

i	x	y	1/x	1/x ²	1/x ³	1/x ⁴	y/x	y/x ²
1	3	36	0,333	0,111	0,0378	0,0123	12,0	4,0
2	12	26	0,083	0,007	0,0005	0,000048	2,166	0,1805
3	18	20	0,056	0,003	0,00017	0,000009	1,111	0,0617
4	24	15	0,042	0,002	0,00007	0,000003	0,625	0,0260
5	30	11	0,033	0,001	0,000037	0,0000012	0,366	0,0122
6	36	9	0,028	0,001	0,00002	0,0000006	0,250	0,0069
7	42	7	0,024	0,001	0,00001	0,0000003	0,166	0,0039
8	48	6	0,021	0,000	0,000009	0,00000018	0,125	0,0026
Сумма	213	130	0,619	0,125	0,0379	0,01240	16,811	4,2940

Или с учётом системы

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0,012 & 0,038 & 0,126 \\ 0,038 & 0,126 & 0,62 \\ 0,126 & 0,62 & 8 \end{vmatrix} =$$

$$0,012 * 0,126 * 8 + 8 * 0,038 * 0,62 + 0,038 * 0,62 * 0,12 - 0,126 * 0,126 * 0,126 - 0,012 * 0,62 * 0,62 - 0,038 * 0,038 * 8 = 0,000128$$

Далее

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 4,29 & 0,038 & 0,126 \\ 16,81 & 0,126 & 0,62 \\ 130 & 0,62 & 8 \end{vmatrix} =$$

$$4,29 * 0,126 * 8 + 130 * 0,038 * 0,62 + 16,81 * 0,62 * 0,126 - 130 * 0,126 * 0,126 - 4,29 * 0,62 * 0,62 - 16,81 * 0,038 * 8 = -0,1208755$$

Следующий этап определяется

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 0,012 & 4,29 & 0,126 \\ 0,038 & 16,81 & 0,62 \\ 0,126 & 130 & 8 \end{vmatrix} =$$

$$0,012 * 16,81 * 8 + 0,126 * 4,29 * 0,62 + 0,038 * 130 * 0,126 - 0,126 * 16,81 * 0,126 - 0,012 * 130 * 0,62 - 0,038 * 4,29 * 8 = 0,05494942$$

После

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 0.012 & 0.038 & 4,29 \\ 0.038 & 0.126 & 16,81 \\ 0.126 & 0.62 & 130 \end{vmatrix} =$$

$$0,012 * 0,126 * 130 + 0,126 * 0,038 * 16,81 + 0,126 * 0,62 * 4,29 - 0,126 * 0,126 * 4,29 - 0,012 * 0,62 * 16,81 - 0,038 * 0,038 * 130 = -0,00027207$$

Далее определяются значения коэффициентов

$$a = \frac{\Delta_1}{\Delta} = -\frac{0.12087755}{0.00012824} = -942.614$$

$$b = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{0.05494952}{0.00012824} = 428.5013$$

$$c = \frac{\Delta_3}{\Delta} = -\frac{0,00027207}{0.00012824} = -2.12162$$

Аппроксимирующая зависимость тягового усилия от значения скорости движения автосамосвалов примет вид

$$f(x) = -\frac{942.614}{x^2} + \frac{428.5013}{x} - 2.12162$$

или, с учетом введённых ранее условных обозначений

$$F = -\frac{942.614}{v^2} + \frac{428.5013}{v} - 2.12162 \quad (4)$$

График полученной зависимости приведен на рисунке.

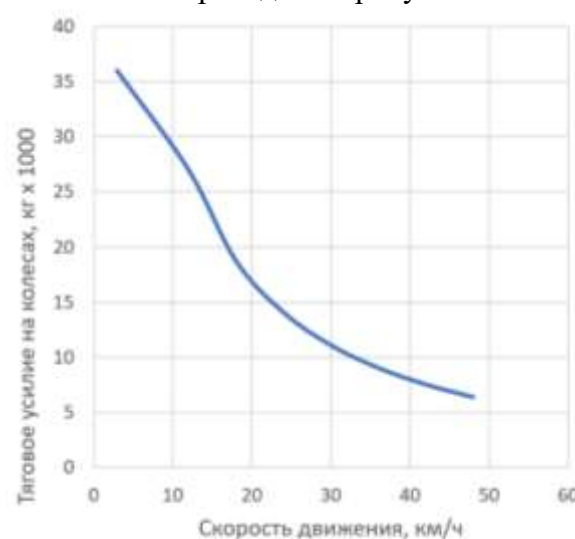


Рис. 2. График зависимости тягового усилия от скорости движения.

Таким образом, разработана эмпирическая формула (4) выражающая зависимость силы тяги автосамосвала БелАЗ-75131 от его скорости движения для условий карьера Кальмакир.

График полученный по данной характеристике почти совпадает с заводской характеристикой данного автосамосвала. Это означает что самосвал был выбран правильно и его работа организована с экономической эффективностью.

REFERENCES

1. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП 2807 от 01.03.2017 года «О мерах по расширению производственных мощностей АО «Алмалыкский ГМК». <https://review.uz/post/olmaliq-kon-metallurgiya-kombinatida-4-milliard-894-million-dollarlik-loyiha-amalga-oshirilmoqda>.
2. <https://yuz.uz/ru/news/almalkskiy-gmk-realizuet-investitsionny-proekt-po-razrabotke-mestorojdeniya-yoshlik-1>.
3. Насиров У.Ф., Заиров Ш.Ш., Аннакулов Т.Ж. Применение схем циклично-поточной технологии с передвижными и мобильными дробильно-перегрузочными комплексами на открытых горных работах. Научно-технический и производственный журнал «Горный Вестник Узбекистана». -Навои, 2019. - № 2. - С.36÷39.
4. Аннакулов Т.Ж. Совершенствование циклично-поточной технологии разработки вскрышных пород в разрезе Ангренский с применением мобильных комплексов // «European Applied Sciences» ORT Publishing. –Stuttgart, Germany, 2015. – №6. – pp. 58-60.
5. Усманов Н.С., Цой И.В., Иркабаев У.У. и др. Опыт внедрения циклично-поточной технологии на вскрышном комплексе разреза Ангренский // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №1. – С. 82-86.
6. Annakulov T.J. & Abdumitalipov I. The current state and characteristics of the excavator-automobile complex at the Kalmakyr open cast mine. III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and empirical scientific research: concept and trends», 2021; Vol. 1: 161-165. <https://doi.org/10.36074/logos-28.05.2021.v1.49>.
7. Annakulov Tulkin, Eshonqulov Kamoljon, Mamatov Dostonbek. Application of belt conveyors and determination of the main parameters of mobile complexes for the transportation of overburden rocks of the Angren coal mine. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2021; Volume 9. No. 4: 383-389. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/08942021>
8. Мирсаидов Г.М., Раимбердиев С.У., Абдуллаев А.А. Определение оптимальной ширины заходки экскаватора при применении мобильных комплексов в условиях разработки вскрышных уступов разреза Ангренский. Материалы международной научно-практической конференции «LXI международные научные чтения (памяти А.Н. Колмогорова)»: Сборник статей. – Москва: 16 декабря 2019 г. – С.67-73.
9. Annakulov T.J., Zairov Sh.Sh., Kuvandikov O.A. Justification, selection and calculation of technological parameters of equipment kits of mobile crushing-reloading-conveyor complexes // International Journal Of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.– India: National Institute of Science Communication and Information Resources, 2019, February. – Vol.6. – Issue 2. – pp. 8072-8079.
10. Annakulov T.J. Development of technological schemes for open-pit mining of deposits using “mobile crushing-reloading-conveyor complexes”. E3S Web of Conferences, 2020; 201: 01010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101010>.

11. Toshov J.B., Quvondiqov O.A. & Eshonqulov K. Calculation of the service life and assessment of the reliability of conveyor rollers under the conditions of the Angren coal mine. *Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR)*, 2021; Vol.10, Issue 3: 365-370. <http://doi.org/10.5958/2278-4853.2021.00139.7>
12. Annakulov Tulkin, Shamsiev Raxim & Kuvandikov Oybek. Mathematical modeling of determining the productivity of mobile complexes in exercise of inclined connecting accessories. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 2020; Volume 8. No. 6: 2695-2700. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/77862020>
13. Bulatov G.Y. and Annakulov T.J. Investigation of the width of the entry of an excavator when loading a mobile crushing plant in the conditions of the Angren coal mine of Uzbekistan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 937 (2021) 042088. <https://doi:10.1088/1755-1315/937/4/042088>.
14. Annakulov T. J., Gaibnazarov S. B., Kuvandikov O. A. et al. Development of a methodology for determining the economic efficiency of cyclic-flow technology schemes for rock mining using mobile crushing and reloading conveyor complexes. *AIP Conference Proceedings* 2432, 010001 (2022); <https://doi.org/10.1063/12.0009761>
15. Аннакулов Т.Ж., Пулатов А.Ш. Существующая состояния и перспективы развития производственной мощности разреза Ангренский. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science (CAJOTAS)*. Volume: 03 Issue: 05 | May 2022 ISSN: 2660-5317.
16. Annakulov, T., Gaibnazarov, S., Askarov, A., Mamadiyeva, L. Prospects for the use of cyclic-flow technology for the transportation of rocks at the Yoshlik-1 quarry of JSC Almalyk mining and metallurgical combine. *E3S Web of Conferences*, Том 414. 25 August 2023. DOI 10.1051/e3sconf/202341706007. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85171131077&origin=resultslist&sort=plf-f>.
17. Annakulov, T.J., Gaibnazarov, S.B., Kuvandikov, O.A., Otajonov, F.O., Otajonov, B.O. Development of a Methodology for Determining the Economic Efficiency of Cyclic-Flow Technology Schemes for Rock Mining Using Mobile Crushing and Reloading-Conveyor Complexes. *AIP Conference Proceedings*, 2022, Том 2432, June 2022. DOI 10.1063/5.0089668. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85133019709&origin=resultslist&sort=plf-f>.
18. Annakulov T.J. & Abdumitalipov I. The current state and characteristics of the excavator-automobile complex at the Kalmakyr open cast mine. *III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and empirical scientific research: concept and trends»*, 2021; Vol. 1: 161-165. <https://doi.org/10.36074/logos-28.05.2021.v1.49>
19. Mamadiyeva L.I., Annakulov T.J Characteristics of the kalmakir quarry excavator-automobile complex. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7860030>.
20. Tulkin, Annakulov; Ziyadov, Nusratullo; Abdikarimov, Farhod. Analysis of overburden transportation by conveyor transport as part of a cyclic-flow technology. *E3S Web of Conferences*. Том 414. 25 August 2023. Номер статьи 06006. 6 September 2023. Код 191994. DOI 10.1051/e3sconf/202341706006.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85171197765&origin=resultslist&sort=plf-f>

21. Хакулов В.А., Шаповалов В.А., Игнатов В.Н., Игнатов М.В. Совершенствование управлением горными комплексами при работе экскаваторов с автосамосвалами в открытом цикле // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал).). – 2020. – № S31. – С. 57-72.
22. Сис Муе. Система управления карьерным автомобильным транспортом в сложных условиях местности и сезонной транспортной недоступности: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.13.06/; - Москва, 2021.