

УДК 622.271.3

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕОБХОДИМЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Фролов Д.С., студент гр. ГОc-191, VI курс, КузГТУ

Доровских А.С., студент гр. ГОc-221, III курс, КузГТУ

Куксенко В.Д., студент гр. ГОc-221, III курс, КузГТУ

Соломенников З.А., студент гр. ГОc-221, III курс, КузГТУ

Федотов А.А., инженер-технолог,

филиал АО «КТК» – «Разрез «Виноградовский»

Научный руководитель:

Марков С.О., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Большие объёмы горной массы на разрезах, разрабатываемой экскаваторно-автомобильными комплексами (ЭАК), непосредственное влияние погрузочно-транспортного процесса на темпы открытой угледобычи и его высокая трудоёмкость обусловливают постоянное ведение широкомасштабных работ по совершенствованию средств карьерной экскаваторно-автомобильной техники и организации их совместной работы [1-5].

Увеличение единичной мощности погрузочно-транспортной техники, которое является основной тенденцией развития ЭАК, не сопровождается пропорциональным ростом его производительности и улучшением качественных показателей использования. Несогласованность совместной работы экскаваторов и самосвалов в составе ЭАК оставляет качество функционирования ЭАК на невысоком уровне [6-11].

С учетом некоторых ограничений, под которыми имеется в виду наличие конкретных моделей выемочно-погрузочного и транспортного оборудования и, как следствие, ограниченность или невозможность взаимной замены той или иной единицы техники в комплексе в целом, данная работа представляется актуальной.

В данном исследовании приводится расчет исходных данных для обоснования и определения рационального состава ЭАК на примере одного из предприятий Кузбасса по добыче угля открытым способом.

Исходя из того постулата, что производительность автосамосвала в большей степени зависит от времени погрузки, чем от иных составляющих общего времени рейса, выполним расчет для трех марок экскаваторов и трех марок автосамосвалов с целью установления максимальной производительности последних.

Основные технические характеристики взятых для расчета экскаваторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические параметры экскаваторов

Наименование показателя	Значение	Общий вид
Вместимость ковша, м ³	28,1	 P&H 2300 «мехлопата»
Наибольшая высота черпания, м	15,4	
Наибольший радиус черпания, м	21,5	
Радиус черпания на уровне стояния, м	15,3	
Наибольшая глубина черпания, м	1,8	
Наибольшая высота выгрузки, м	9,9	
Вместимость ковша, м ³	22,0	 Komatsu PC4000 «прямая гидролопата»
Наибольшая высота черпания, м	17,3	
Наибольший радиус черпания, м	15,1	
Радиус черпания на уровне стояния, м	14,0	
Наибольшая глубина черпания, м	2,8	
Наибольшая высота выгрузки, м	12,0	
Вместимость ковша, м ³	15,0	 Komatsu PC3000 «прямая гидролопата»
Наибольшая высота черпания, м	15,1	
Наибольший радиус черпания, м	13,3	
Радиус черпания на уровне стояния, м	12,7	
Наибольшая глубина черпания, м	3,3	
Наибольшая высота выгрузки, м	10,2	

Эксплуатационная производительность вскрышного экскаватора, м³/ч, определяется по формуле:

$$Q_{\text{экспл}} = \frac{3600 \cdot E}{t_{\text{ц}}} \cdot \frac{k_{\text{нап}}}{k_{\text{раз}}} \cdot k_{\text{исп}}, \text{ м}^3/\text{час}; \quad (1)$$

где Е – вместимость ковша, м³; k_{нап} – коэффициент заполнения ковша, k_{нап} = 0,90; k_{раз} – коэффициент разрыхления горной массы, k_{раз} = 1,5; t_ц – время цикла, сек; k_{исп} – коэффициент использования оборудования во времени, k_{исп} = 0,85.

Аналогичным образом определяются сменная, суточная, месячная и годовая производительности экскаватора, исходя из 7 чистых часов работы в смену, 3-сменного графика, 26 рабочих дней в месяц, значения которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения производительности экскаваторов

Экскаватор	Производительность				
	Эксплуатационная, м ³ /час	Сменная, м ³ /смену	Суточная, м ³ /сутки	Месячная, тыс. м ³ /мес	Годовая, тыс. м ³ /год
P&H 2300	1475	10325	30975	805,4	9665
Komatsu PC4000	1262	8824	26502	689,1	8269
Komatsu PC3000	918	6426	19278	501,2	6015

Основные технические характеристики основного парка карьерных автосамосвалов, работающих на рассматриваемом предприятии, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики выбранных для расчетов автосамосвалов

NHL NTE200	
Грузоподъемность, т	186,0
Допустимая полная масса, т	324,3
Вместимость платформы с «шапкой» (2:1), м ³	123,0
Максимальная скорость, км/ч	56,0
Радиус поворота, м	13,6

БелАЗ-7530	
Грузоподъемность, т	220,0
Допустимая полная масса, т	376,1
Вместимость платформы с «шапкой» (2:1), м ³	138,0
Максимальная скорость, км/ч	43,0
Радиус поворота, м	15,0

Komatsu HD830	
Грузоподъемность, т	231,0
Допустимая полная масса, т	385,8
Вместимость платформы с «шапкой» (2:1), м ³	147,0
Максимальная скорость, км/ч	48,0
Радиус поворота, м	14,0



Число ковшей экскаватора для выбранных карьерных автосамосвалов по их вместимости и грузоподъемности, соответственно, определяется по формулам:

$$n_v = \frac{k_{\text{нш}} V_f}{E k_{\text{нк}} k_y} \quad (2)$$

$$n_q = \frac{q k_p}{E k_{\text{нк}} \gamma_{\text{ц}}} \quad (3)$$

где V_f – геометрический объем кузова, м³; E – геометрический объем ковша, м³; $k_{\text{нк}}$ – коэффициент наполнения ковша ($k_{\text{нк}} = 0,9$); k_y – коэффициент уплотнения ($k_y = 0,9$); $k_{\text{нш}}$ – коэффициент, учитывающий наполнение кузова автосамосвала с «шапкой», ($k_{\text{нш}} = 1,2$); q – паспортная грузоподъемность транспортного средства, т; k_p – коэффициент разрыхления горной массы ($k_p = 1,5$); $\gamma_{\text{ц}}$ – плотность горной массы в целике, т/м³.

Исходя из целого числа ковшей горной массы, отгруженной в автосамосвалы, была рассчитана масса груза в кузове, значения которой приведены в таблице 4.

Продолжительность погрузки автосамосвала определяется по формуле (4); рассчитанные значения приведены в таблице 5.

$$t_{\text{п}} = \frac{60 \cdot V_a \cdot K_{\text{ш}}}{Q_{\text{эм}}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{ш}} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий загрузку автосамосвала «с шапкой»; V_a – геометрический объем кузова с шапкой, м³; $Q_{\text{эм}}$ – техническая производительность экскаватора, м³/час.

Таблица 4 – Масса груза (тонн) в кузове автосамосвала

	Komatsu HD830	БелАЗ 7530	NHL NTE200
P&H 2300	219	219	175
Komatsu PC4000	240	205	172
Komatsu PC3000	234	211	187

Примечание: желтым цветом отмечены варианты с недогрузом, красным – с перегрузом

Таблица 5 – Время погрузки автосамосвала, мин

	Komatsu HD830	БелАЗ 7530	NHL NTE200
P&H 2300	6,57	6,17	5,5
Komatsu PC4000	7,68	7,21	6,43
Komatsu PC3000	10,56	9,9	8,8

Сменная и годовая производительность автосамосвала определяется по формулам (5) и (6) соответственно:

$$Q_{\text{см}} = \frac{60 \cdot T \cdot V_a \cdot k_{\text{ис}}}{T_p}, \text{ м}^3/\text{см}; \quad (5)$$

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}} \cdot N_{\text{рд}}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (6)$$

где T – время чистой работы смены, $T = 7$ ч; V_a – геометрический объем кузова с шапкой; $k_{\text{ис}}$ – коэффициент использования, $k_{\text{ис}} = 0,9$; T_p – время рейса самосвала, мин.; $n_{\text{см}}$ – количество смен в сутки, $n_{\text{см}} = 3$ см; $N_{\text{рд}}$ – чистое количество рабочих дней в году, $N_{\text{рд}} = 321$ дней.

Таблица 6 – Годовая производительность одного автосамосвала, $\text{м}^3/\text{год}$

	Komatsu HD830	БелАЗ 7530	NHL NTE200
P&H 2300	2199492	2104155	1889406
Komatsu PC4000	2099340	2011707	1816218
Komatsu PC3000	1925037	1850886	1686213

Выводы: сопоставляя годовую производительность экскаваторов и автосамосвалов, мы можем определить рациональное число транспортных единиц, необходимых для конкретного экскаватора, минимизируя простоя как экскаватора, так и автосамосвалов. Данное условие будет соблюдаться при минимальной разнице в годовой производительности выемочно-погрузочных и транспортных единиц, рассчитываемой в реальных горно-геологических и горнотехнических условиях конкретного предприятия. В качестве развития текущего расчета нам представляется актуальной разработка модели, учитывающей изменение времени рейса в зависимости от увеличения или уменьшения расстояния транспортирования и его увязка с временем погрузки, а также учет параметров буровзрывных работ [12-14] и параметров взорванной горной массы: коэффициента разрыхления породы в развале, среднего размера взорванного куска породы, выхода негабарита, сейсмического действия взрыва и т.д. [15-18], изменение которых влияет на производительность ЭАК в целом.

Литература

1. Кацубин, А.В. Систематизация горно-геологических условий угленасыщенных и безугольных зон разрезов Кузбасса / А.В. Кацубин, А.А. Федотов // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 3(6). – С. 60-75. – DOI 10.26730/2618-7434-2019-3-60-75. – EDN HJEPXD.
2. Мартынов, В.Л. Оценка сложности отработки карьерных полей угольных месторождений Кузбасса / В.Л. Мартынов // Техника и технология горного дела. – 2018. – № 1(1). – С. 35-42. – DOI 10.26730/2618-7434-2018-1-35-41. – EDN XUFBJJ.
3. Организация работы выемочно-погрузочного и транспортного оборудования при работе в угленасыщенных зонах / Д. Д. Есин, Н. С. Сурадеев // Россия молодая : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 18–21 апреля 2023 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – С. 10701.1-10701.7. – EDN DDSPJR.
4. Influence of geotechnical factors on the output of quarry haul trucks / D. M. Dubinkin, V. V. Aksenov, A. A. Khoreshok [et al.] // AIP Conference Proceedings : IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE ON INNOVATIONS IN ENGINEERING AND TECHNOLOGY (ISPCIET 2021), Veliky Novgorod, Russia, 28–29 июня 2021 года. Vol. 2486. – Veliky Novgorod, Russia: AIP PUBLISHING, 2022. – Р. 040009. – DOI 10.1063/5.0106051. – EDN WUNTIO.
5. On the mutual influence of average speed, trip time and hauling distance of quarry haul trucks / D. M. Dubinkin, V. V. Aksenov, A. A. Khoreshok [et al.] // AIP Conference Proceedings : IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE ON INNOVATIONS IN ENGINEERING AND TECHNOLOGY (ISPCIET 2021), Veliky Novgorod, Russia, 28–29 июня 2021 года. Vol. 2486. – Veliky Novgorod, Russia: AIP PUBLISHING, 2022. – Р. 040017. – DOI 10.1063/5.0106089. – EDN AHJYAG.
6. Evaluating the impact of excavator bucket capacity on the output of a haul truck in different variants of their positioning / V. V. Aksenov, D. M. Dubinkin, A. A. Khoreshok [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : 3, Veliky Novgorod, 06–07 сентября 2021 года. Vol. 2052. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – Р. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001. – EDN YQHOME.
7. On the organization of excavation and transportation equipment in the coal-bearing zones at open pit mines / M. A. Tyulenev, S. O. Markov, O. I. Litvin [et al.] // E3S Web of Conferences : VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. Vol. 315. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – Р. 01017. – DOI 10.1051/e3sconf/202131501017. – EDN OTOPNV.
8. Selection of Excavating Equipment for the Outpacing Development of the Coal-bearing Zone / A. Katsubin, S. Markov, A. Khoreshok, M. Tyulenev // E3S Web of Conferences : 5, Kemerovo, 19–21 октября 2020 года. – Kemerovo, 2020. – Р. 01027. – DOI 10.1051/e3sconf/202017401027. – EDN QSHLYV.

9. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов / О.И. Литвин, А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 112-120. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120. – EDN UQIXQR.

10. Формирование выемочно-погрузочных комплексов и технологических схем ведения горных работ в угленасыщенных зонах разрезов / В.Ф. Колесников, А.И. Корякин, В.А. Ермолаев, В.Ф. Воронков // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 2(21). – С. 26-58. – DOI 10.26730/2618-7434-2023-2-26-58. – EDN LCAFPL.

11. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов / О.И. Литвин, А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 112-120. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120. – EDN UQIXQR.

12. Самусев, П. А. Исследование влияния технологических процессов добычи угля на его грансостав / П. А. Самусев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 1999. – № 2(9). – С. 50-51. – EDN WPUIDV.

13. Бирюков, А. В. Прогнозирование гранулометрического состава угля / А. В. Бирюков, С. И. Протасов, П. А. Самусев // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири, Кемерово, 11–14 ноября 1997 года. Том Часть 1. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 1997. – С. 165-166. – EDN WXYVTF.

14. Determination of Seismic Safe Distances During Mining Blasts with Consideration of a Dominant Vibration Frequency / A. G. Novinkov, A. S. Tashkinov, S. I. Protasov, P. A. Samusev // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, Kemerovo, Russia, 10–12 октября 2016 года. – Kemerovo, Russia: ATLANTIS PRESS, 2016. – Р. 202-205. – EDN WNWLZV.

15. Новиньков, А. Г. Практический метод учета преобладающей частоты колебаний при определении сейсмо-безопасных расстояний при ведении взрывных работ на карьерах / А. Г. Новиньков, С. И. Протасов, П. А. Самусев // Взрывное дело. – 2016. – № 115-72. – С. 214-225. – EDN WCLGIZ.

16. Сейсмическая безопасность подземного газопровода при массовых промышленных взрывах на угольном карьере / А. Г. Новиньков, С. И. Протасов, П. А. Самусев, А. С. Гукин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 6(100). – С. 51-55. – EDN RUDWTX.

17. Сравнительная оценка сейсмического действия массовых взрывов при применении различных систем инициирования / П. А. Самусев, А. Г. Новиньков, С. И. Протасов, А. Н. Завьялов // Взрывное дело. – 2023. – № 141-98. – С. 107-133. – EDN IHJKJF.

18. Самусев, П. А. Определение дальности разлета отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов рыхления / П. А. Самусев, А. Г. Новиньков, С. И. Протасов // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 4(23). – С. 4-25. – DOI 10.26730/2618-7434-2023-4-4-25. – EDN EMPGJG.