

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКСКАВАТОРОВ И АВТОСАМОСВАЛОВ ДЛЯ РУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Кузнецов Д.В., Косолапов А.И.

Сибирский федеральный университет, Красноярск

Ключевые слова: электрический экскаватор, гидравлический экскаватор, автосамосвал, открытые горные работы, рудный карьер, затраты на добычу, глубина рудного карьера

Аннотация. В статье кратко приведены особенности современного развития открытой разработки рудных месторождений России. Предложен подход для относительного выбора электрических, гидравлических экскаваторов и автосамосвалов, как основного технологического оборудования, исходя из динамики технической надежности, природных условий эксплуатации, параметров рудных карьеров. Представлены критерии для обоснования модели экскаватора и автосамосвала, работающих в комплексе, в зависимости от динамики производительности, формируемых при этом инвестиций и эксплуатационных расходов, затрат энергии для выемки, погрузки, перемещения пород. На примере некоторых моделей электрических и гидравлических экскаваторов прямых лопат с различным сроком службы выполнена сравнительная оценка. Выделены периоды оптимальной эксплуатации по годам. Полученные результаты справедливы при учете факторов, влияющих на относительную трудность открытой разработки рудных месторождений, и могут быть использованы для совершенствования машин, расширения границ карьеров и повышения эффективности разработки месторождений.

TO THE ISSUE OF ASSESSING EXCAVATORS AND DUMP TRUCKS FOR ORE PITS

Kuznetsov D.V., Kosolapov A.I.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Keywords: electric excavator, hydraulic excavator, dump truck, open-pit mining, ore pit, production costs, pit depth.

Abstract. The article briefly presents the peculiarities of the modern development of ore deposits open-pit mining in Russia. The approach is offered for the relative choice of electric, hydraulic excavators and dump trucks as the main technological equipment, based on the dynamics of technical reliability, natural conditions of operation as well as on ore pits parameters. Criteria for justifying the excavator and dump truck model working in a complex are presented, depending on the dynamics of productivity, investment and operating costs, energy costs for excavation, loading and transporting of rocks. On the example of some models of electric and hydraulic excavators of direct shovels with different service life the comparative estimation is made. The periods of optimum operation by years are allocated. The obtained results are valid when taking into account the factors influencing the relative difficulty of open-pit mining of ore deposits, and can be used to improve machines, expand the boundaries of open pits and increase the efficiency of field development.

Введение. Увеличение объемов горнотранспортных работ на действующих и проектируемых горнодобывающих предприятиях России вместе с потребностью в минеральном сырье, импортозамещением и необходимостью обновления имеющегося парка оборудования сформировали ряд вопросов для привлечения инвестиций, технического и технологического развития горнодобывающей отрасли на ближайшую перспективу.

При направлении вектора развития открытых горных работ по добыче высокоценных полезных ископаемых в северные регионы, главным образом, необходимо решение задач в условиях увеличения глубины рудных карьеров, и с учетом параметров каждой единицы технологического оборудования [1].

Вместе с тем, принятие решения по выбору оптимального варианта разработки месторождения имеет множество неопределенностей и затруднено влиянием экономических условий [2].

Анализ динамики цен на металлы, курса доллара и ключевой ставки (рис. 1) показывают следующие интервалы их изменений. Цена на сталь: 15 руб/кг (min) – 98 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до 5; Цена на медь: 342 руб/кг (min) – 1442 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до – 3,6; Цена на

алюминий: 92 руб/кг (min) – 525 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до 4,2; Цена на олово: 904 руб/кг (min) – 6714 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до 6,1; Цена на никель: 712 руб/кг (min) – 6743 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до 6,1; Цена на свинец: 83 руб/кг (min) – 345 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до 3,4; Цена на цинк: 115 руб/кг (min) – 577 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до 4,2; Цена на золото – 2379 руб/кг (min) – 7731 руб/кг (max), отношение максимальной цены к минимальной в году – до 1,6; курс доллара 35,3 руб/\$ (min) – 88,3 руб/\$ (max), отношение максимального курса доллара к минимальному в году – до 2,5; Ключевая ставка: 4,25 % (min) – 20 % (max) отношение максимальной ставки к минимальной в году – до 1,4.

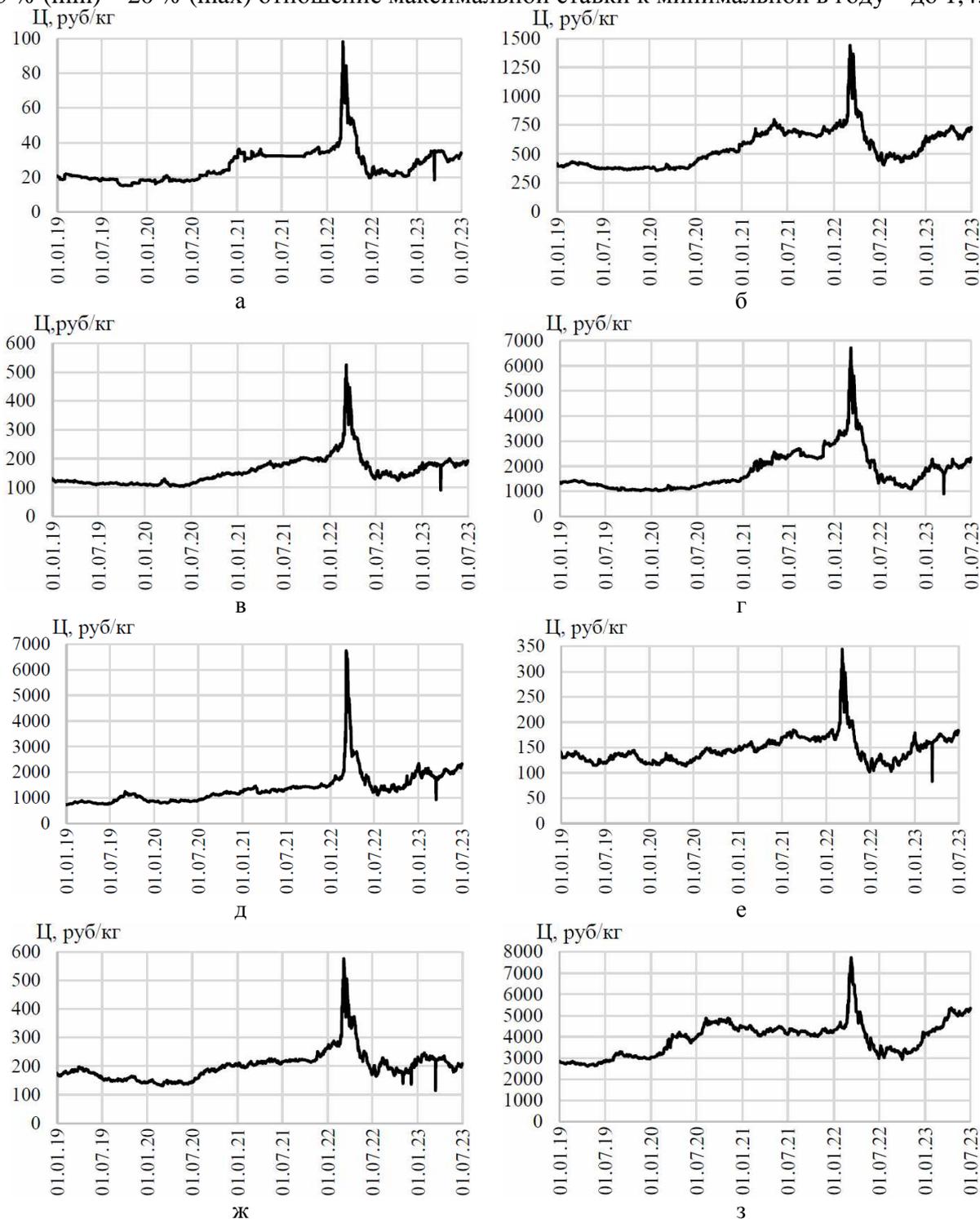


Рис. 1. Динамика цены на металлы: а – сталь; б – медь; в – алюминий; г – олово; д – никель; е – свинец; ж – цинк; з – золото

При этом, почти для всех показателей следует отметить взаимосвязь и соответствие максимального и минимального значений почти одному временному периоду.

Такая изменчивость требует постоянного анализа [3, 4] и выбора критериев [5] для сопоставительной оценки динамики условий разработки месторождений с учетом неопределенности плановых доходов от реализации добываемых полезных ископаемых и затрат на добычу.

Известно, что горно-экономические задачи относят к оптимизационным. Для их решения используют метод сравнения технически возможных вариантов с выбором наилучшего из конкурентных.

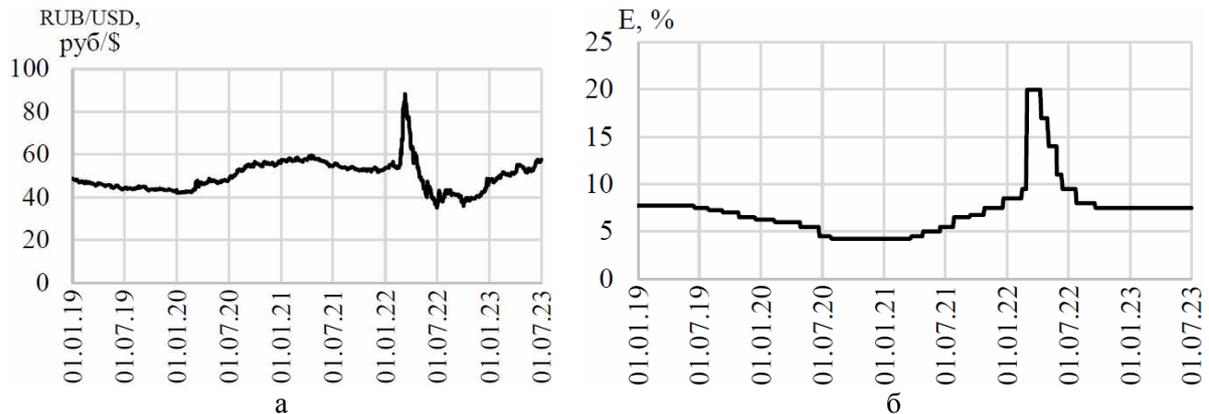


Рис. 2. Динамика курса доллара (а) и ключевой ставки (б)

В зависимости от динамичности влияющих факторов такие задачи условно разделяют на статические с наименьшим сроком оценки и динамические, для которых характерно нестабильное колебание технико-экономических показателей (более 10-15% от среднего значения).

Для статических задач применимы простые методы оценки на основе простой нормы прибыли и срока окупаемости. Оценка эффективности добычи полезных ископаемых в динамике за более длительный период выполняют с определением чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности, индекса доходности, срока окупаемости и других.

Однако установлено, что все эти показатели взаимосвязаны между собой, а со стороны технологии и комплексной механизации разработки при неизменном количестве запасов в границах месторождения в первую очередь предопределены формируемой динамикой затрат.

Причем одним из главных направлений исследований для этого является прогнозирование показателей разработки на перспективу с оценкой применения электрических и гидравлических экскаваторов различных производителей [6] совместно с автосамосвалами [7, 8]. При этом, необходимо определить возможный диапазон изменения производительности оборудования [9]. Совершенствование технологии, механизации и организации горных работ. Увеличение производственной мощности и расширение границ карьеров [10-12].

С учетом этого, авторами данной статьи дополнен предложенный ранее подход и критерии для выбора оптимального варианта экскаватора, как основной машины для разработки рудного месторождения карьером [13].

Материалы и методы исследований

Известно, что каждая модель основного горнотранспортного оборудования имеет свою оптимальную область применения, ограниченную доходами от добычи полезного ископаемого и затратами [13, 14].

Причем установить такую оптимальную область возможно, используя величину чистого дисконтированного дохода NPV , руб:

$$NPV = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_{td} - Z_{пер} - Z_{пр}) \cdot 1 / (1 + E_n)^t, \quad (1)$$

где T – срок разработки, лет; t – расчетный год; R_t – доходы реализации полезного ископаемого, руб; Z_{td} – затраты на добычу полезного ископаемого, руб; $Z_{пер}$ – затраты на переработку; $Z_{пр}$ – общехозяйственные и прочие затраты, руб, E_n – норма дисконта, %.

Анализируя формулу (1) со стороны технологии разработки месторождений, очевидно, что доход от разработки R_t зависит от цены на добываемое полезное ископаемое. Затраты на добычу Z_{td} при любых природных и экономических условиях могут быть управляемыми. Кроме того, их оптимизация при правильном выборе моделей оборудования и организации горных работ позволяет достигать расширение границ разработки месторождений и управлять экономическими рисками: снижением цен на добываемые металлы, повышением курса доллара и цен на импортное горнотранспортное оборудование, ростом ключевой ставки.

Поэтому в качестве одного из основных критериев для принятия решения о варианте разработки месторождения открытым способом были приняты удельные накопленные дисконтированные затраты на комплекс оборудования за нормативный срок эксплуатации экскаватора P , руб/м³:

$$P = \left(\sum_{t=1}^{T_3} (K_t + C_t - A_t - D_t) \cdot 1 / (1 + E_n)^t \right) / \sum_{t=1}^{T_3} Q_{3t} \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где T_3 – срок эксплуатации экскаватора, лет; t – расчетный год; K_t – инвестиции, руб/год; C_t – эксплуатационные затраты, руб/год; A_t – амортизационные отчисления оборудования, руб/год; D_t – остаточная стоимость оборудования, руб/год; E – норма дисконта, %; Q_{3t} – производительность комплекса, базовой машиной у которого является экскаватор, м³/год.

То есть, для открытой разработки любого месторождения необходимо понести затраты. Формирование затрат происходит последовательно: при приобретении горных машин и их эксплуатации, по мере отделения горной массы от массива, ее дальнейшей погрузки, перемещения, складирования. Причем, в зависимости от динамики производительности экскаватора.

Стоит отметить, что эксплуатация экскаватора происходит в составе комплекса оборудования, связанного технически и организационно [15].

Затраты по годам разработки месторождения и работы каждого экскаваторного комплекса включают инвестиции и эксплуатационные расходы по основному и вспомогательному оборудованию. Такие затраты определяют исходя из производительности комплекса карьера и отдельной единицы оборудования, расстояния транспортирования пород, количества автосамосвалов, закрепленных за экскаватором, глубины горных работ, особенностей их организации, периода разработки и других факторов.

Для исключения инфляционного влияния и адаптации к рассматриваемым условиям приведенный подход дополнен согласно энергетической теории открытых горных работ профессора Ю.И. Анистратова [16, 17].

При этом, энергопоглощение выемочно-транспортных работ комплексом на базе экскаватора E , тыс. кВт·ч, рассчитывают по формуле:

$$E = E_3 + E_T, \quad (3)$$

где E_3 – энергопоглощение при выемке и погрузке экскаватором, кВт·ч; E_T – энергопоглощение при транспортировании автосамосвалами, кВт·ч.

За срок эксплуатации экскаватора энергопоглощение пород E , кВтч/т:

$$E = (E_3 + E_T) / 3600 \cdot \sum_{t=1}^{T_3} Q_{3t} \cdot \gamma, \quad (4)$$

или

$$E = ((F \cdot \delta / G + v_n^2 / 2 / g + L + H_p) + (v_{тр}^2 / 2 / g + \omega \cdot L_{тр} + H_k)) / 3600 \cdot \sum_{t=1}^{T_3} Q_{3t}, \quad (5)$$

где F – сила сопротивления перемещению ковша, Н; δ – длина пути, на котором происходит заполнение ковша, м; G – масса породы в ковше, кг; $v_{п}$ – скорость перемещения ковша к месту разгрузки, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; H_p – высота разгрузки ковша экскаватора, м; $v_{тр}$ – средняя скорость движения автосамосвала, м/с; ω – сопротивление движению, Н/кН; $L_{тр}$ – среднее расстояние транспортирования пород за срок эксплуатации экскаватора, м; T_3 – календарное время работы экскаватора в течение срока его эксплуатации, ч; Q_{3t} – объем экскавируемых пород за срок эксплуатации экскаватора, м³.

Результаты и выводы. Результаты расчетов по формулам (2) и (5) в сопоставительном виде для комплексов с электрическими экскаваторами Komatsu 2800XPC, гидравлических экскаваторов Komatsu PC 5500D и автосамосвалов Komatsu 830E в качестве примеров приведены на графиках (рис. 3).

Здесь, основными горнотехническими условиями являются: глубина карьера до 500 м, среднее расстояние транспортирования пород – 7 км, плотность пород – 2,9 т/м³. Экономические условия соответствуют среднему уровню цен 2023-2024 года, норма дисконта принята равной 10%. Эксплуатационные расходы учитывают затраты на оплату труда, необходимое техническое обслуживание, ремонты, потребности в расходных материалах, топливе, электроэнергии за срок эксплуатации электрического экскаватора Komatsu 2800XPC – 20 лет, а гидравлических Komatsu PC 5500D – 10 лет. Кроме того, данная динамика дополнительно включает амортизационные отчисления и остаточную стоимость автосамосвалов. Скачкообразные изменения совокупных затрат в 11 году эксплуатации (рис. 3, а) уменьшены из-за влияния дисконтирования. Энергопоглощение пород для комплекса с приобретенным взамен изношенного гидравлическим экскаватором Komatsu PC 5500D (рис. 3, б) с этого времени возрастает более интенсивно.

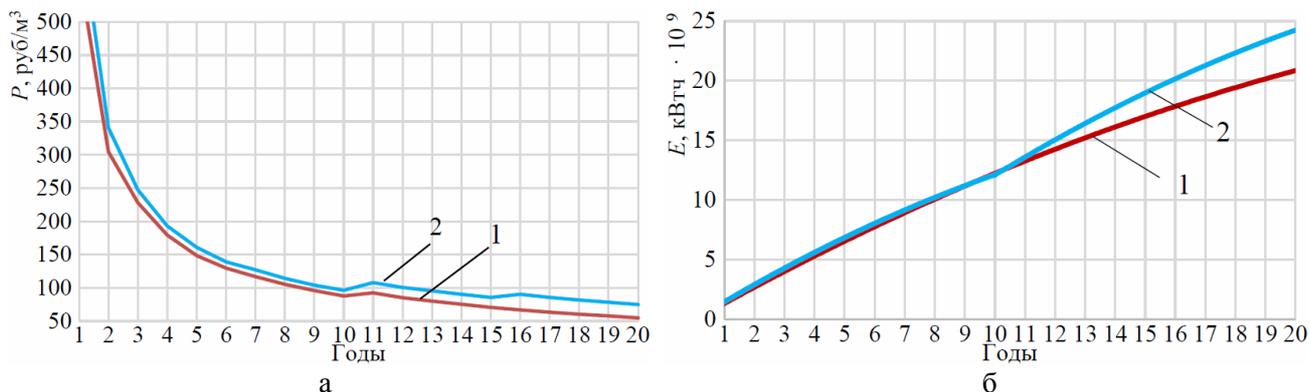


Рис. 3. Временная динамика удельных накопленных затрат (а) и энергопоглощения пород (б) для экскаваторов Komatsu 2800XPC (1), Komatsu PC 5500D (2) в комплексе с автосамосвалами Komatsu 830E при плотности пород 2,9 т/м³ и расстоянии транспортирования 7 км

Вместе с тем, учитывая разделение месторождений по относительной трудности открытой разработки [1, 10, 11] (с различием прочностных характеристик пород, расстояния транспортирования, глубины карьеров, климата) для комплекса на базе экскаватора Komatsu 2800 XPC и автосамосвалов Komatsu 830E рассчитано удельное энергопоглощение пород e , кВтч/м³:

$$e = (E_3 + E_T) / \sum_{t=1}^{T_3} Q_{3t} \Rightarrow \min, \quad (6)$$

Результаты расчетов энергопоглощения пород по формуле (6) и удельных накопленных затрат по формуле (2) в качестве примера приведены для различных условий эксплуатации (табл. 1, рис. 4).

Табл. 1. Влияние различных факторов на величину энергопоглощения пород и удельных накопленных затрат для комплекса на базе экскаватора Komatsu 2800 ХРС с автосамосвалами Komatsu 830Е

Плотность пород γ	Удельное энергопоглощение пород e и удельные затраты P при глубине карьера H							
	$H = 200$ м		$H = 320$ м		$H = 500$ м		$H = 700$ м	
т/м^3	$e, \text{кВтч/м}^3$	$P, \text{руб/м}^3$	$e, \text{кВтч/м}^3$	$P, \text{руб/м}^3$	$e, \text{кВтч/м}^3$	$P, \text{руб/м}^3$	$e, \text{кВтч/м}^3$	$P, \text{руб/м}^3$
1,8	91	54	136	69	211	93	301	124
2,4	121	57	181	72	282	96	402	125
2,9	146	59	219	74	340	98	485	127
3,3	169	62	251	77	389	101	554	131

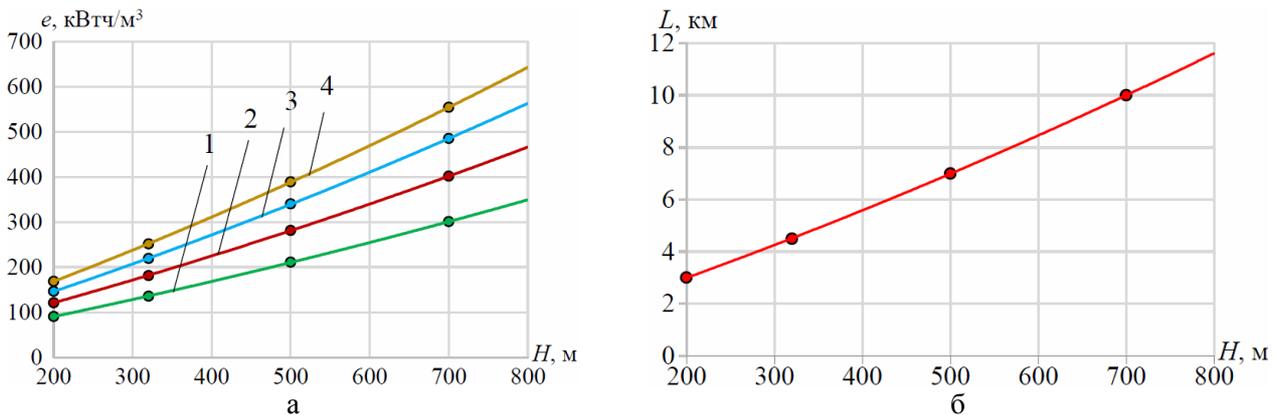


Рис. 4. Зависимости удельного энергопоглощения пород различной плотности (а) и расстояния перевозок (б) от глубины карьера для комплекса на базе экскаватора Komatsu 2800 ХРС с автосамосвалами Komatsu 830Е: 1 – при $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$; 2 – при $\gamma = 2,4 \text{ т/м}^3$; 3 – при $\gamma = 2,9 \text{ т/м}^3$; 4 – при $\gamma = 3,3 \text{ т/м}^3$

Заключение. Изложенный подход и критерии для обоснования модели экскаватора и автосамосвала в условиях рудного карьера необходимо применять в составе экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования [17], в котором главной машиной является экскаватор.

Одним из основных экономических критериев для этого являются удельные накопленные дисконтированные затраты в течение срока эксплуатации экскаватора P [13, 18], которые на рисунке 3, а имеют максимальное значение в первый год эксплуатации комплекса и связаны с приобретением включающих в него машин. По мере дальнейшей эксплуатации экскаваторно-автомобильного комплекса удельные накопленные затраты снижаются из-за влияния нормы дисконта при уменьшении технической надежности и производительности экскаватора. Однако, затем вновь возрастают, при еще большем техническом износе, иногда необходимости дополнительного приобретения смежных машин комплекса.

Удельное энергопоглощение пород e , как критерий, позволяет исключить экономические расчеты. В оцениваемый период эксплуатации экскаватора энергопоглощение пород возрастает из-за снижения технической надежности, производительности и увеличения расстояния перевозок по мере развития горных работ (табл. 1). Гидравлические экскаваторы в сравнении с электрическими повторно обновляют в связи с износом. В приведенном примере к началу одиннадцатого года необходима дополнительная закупка экскаватора Komatsu PC 5500. Это приводит к повышению уровня технической надежности и более активному развитию горных работ.

С увеличением глубины карьеров удельное энергопоглощение пород возрастает. В большей мере на это влияют их прочностные характеристики и расстояние перевозок.

Соответственно, правильный выбор модели экскаватора, сочетаемого с ним автосамосвала и управление их производительностью позволяют оптимизировать горные работы с расширением границ карьера.

Список литературы

1. Кузнецов Д.В., Косолапов А.И. Оптимизация параметров технологических комплексов рудных карьеров: монография. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2020. – 188 с.
2. Mishra P., Mohanty M. A review of factors affecting mining operation // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2022, vol. 11, no. 5, pp. 327-332. DOI: 10.1108/wje-03-2019-082.
3. Joshi D., Paithankar A., Chatterjee S., Equeenuddin Sk. Integrated Parametric Graph Closure and Branch-and-Cut Algorithm for Open Pit Mine Scheduling under Uncertainty // *Mining*. 2022, no. 2, pp. 32-51. DOI: 10.3390/mining2010003.
4. Mohtasham M., Mirzaei-Nasirabad H., Askari-Nasab H., Alizadeh B. Multi-stage optimization framework for the real-time truck decision problem in open-pit mines: a case study on Sungun copper mine // *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2022, vol. 36, pp. 461-491. DOI: 10.1080/17480930.2022.2067709.
5. Комленович Д. Многокритериальный подход к выбору горного оборудования // *Горное дело*. – 2017. – № 2. – С. 10-19.
6. Сытенков В.Н. Сопоставительный выбор экскаваторов типа «механическая лопата» с канатным и гидравлическим перемещением рабочего органа // *Горное дело*. – 2014. – № 1. – С. 14-22.
7. Kuznetsov D.V., Kosolapov A.I. Dynamic of performance of open-pit dump trucks in ore mining in severe climatic environment // *Transportation Research Procedia*. 2022, vol. 63, pp. 1042-1048. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.104.
8. Benlaajili S., Moutaouakkil F., Chebak A., Medromi H., Deshayes L. Optimization of Truck-Shovel Allocation Problem in Open-Pit Mines // *Smart Applications and Data Analysis*. 2020, pp. 243-255. DOI: 10.1007/978-3-030-45183-7_19.
9. Upadhyay S., Tabesh M., Moradi Afrapoli A., Askari-Nasab H.A. A Simulation-based algorithm for solving surface mines, equipment selection and sizing problem under uncertainty // *CIM Journal*. 2021, vol. 12, pp. 36-46. DOI: 10.1080/19236026.2021.1872995.
10. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Производственные процессы. – М.: Либроком, 2010. – 512 с.
11. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. – М.: Либроком, 2010. – 551 с.
12. Ржевский В.В. Проблемы горной промышленности и комплекса горных наук. – М.: Издательство Московского горного института, 1991. – 244 с.
13. Кузнецов Д.В., Косолапов А.И. Методология обоснования горнотранспортного оборудования для рудных карьеров // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. – 2022. – Т. 20, № 3. – С. 54-63. – DOI: 10.18503/1995-2732-2022-20-3-54-63.
14. Щадов М.И., Анистратов К.Ю., Федоров А.В. Метод формирования структуры парка карьерной техники на действующем предприятии // *Горная промышленность*. – 2009 – №5 (87). – С. 2-5.
15. Кулешов А.А. Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы. – М.: Недра, 1980. – 317 с.
16. Anistratov Yu., Anistratov K. Classification of surface mining systems for the development of mineral deposits by energy input criterion // *Russian Mining*. 2004, no. 6, pp. 11-15.
17. Анистратов Ю.И. Технологические потоки на карьерах. Энергетическая теория открытых горных работ. – М.: Глобус, 2005. – 317 с.
18. Анистратов К.Ю. Экономико-математическая модель комплексной механизации горных работ на карьерах // *Горная Промышленность*. – 2015. – №3 (121). – С. 54-55.

References

1. Kuznetsov D.V., Kosolapov A.I. Optimization of ore open-cast mines technological complexes parameters: monograph. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2020. – 188 p.
2. Mishra P., Mohanty M. A review of factors affecting mining operation // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2022, vol. 11, no. 5, pp. 327-332. DOI: 10.1108/wje-03-2019-082.
3. Joshi D., Paithankar A., Chatterjee S., Equeenuddin Sk. Integrated Parametric Graph Closure and Branch-and-Cut Algorithm for Open Pit Mine Scheduling under Uncertainty // *Mining*. 2022, no. 2, pp. 32-51. DOI: 10.3390/mining2010003.
4. Mohtasham M., Mirzaei-Nasirabad H., Askari-Nasab H., Alizadeh B. Multi-stage optimization framework for the real-time truck decision problem in open-pit mines: a case study on Sungun copper mine // *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2022, vol. 36, pp. 461-491. DOI: 10.1080/17480930.2022.2067709.
5. Komlenovich D. Multi-criteria approach to choosing mining equipment // *Mining Engineering*. 2017, no. 2, pp. 10-19.
6. Sytenkov V.N. Comparative selection of mechanical shovel excavators withrope and hydraulic movement of the working attachment // *Mining Engineering*. 2014, no. 1, pp. 14-22.
7. Kuznetsov D.V., Kosolapov A.I. Dynamic of performance of open-pit dump trucks in ore mining in severe climatic environment // *Transportation Research Procedia*. 2022, vol. 63, pp. 1042-1048. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.104.

8. Benlaajili S., Moutaouakkil F., Chebak A., Medromi H., Deshayes L. Optimization of Truck-Shovel Allocation Problem in Open-Pit Mines // Smart Applications and Data Analysis. 2020, pp. 243-255. DOI: 10.1007/978-3-030-45183-7_19.
9. Upadhyay S., Tabesh M., Moradi Afrapoli A., Askari-Nasab H.A. A Simulation-based algorithm for solving surface mines, equipment selection and sizing problem under uncertainty // CIM Journal. 2021, vol. 12, pp. 36-46. DOI: 10.1080/19236026.2021.1872995.
10. Rzhnevsky V.V. Open Mining Works. Production Processes. – M.: Librocom, 2010. – 512 p.
11. Rzhnevsky V.V. Open Mining Works. Technology and Integrated Mechanization. – M.w: Librocom, 2010. – 551 p.
12. Rzhnevskiy V.V. Problems of mining industry and mining sciences complex. – Moscow: Publ. house of the Moscow Mining Institute, 1991. – 244 p.
13. Kuznetsov D.V., Kosolapov A.I. Methodology for justifying the selection of mining and conveyor equipment for ore quarries // Bulletin of Magnitogorsk State Technical University. 2022, vol. 20, no.3, pp. 54-63.
14. Shchadov M.I., Anistratov K.Yu., Fedorov A.V. Quarry machinery park structure formation method at the operating enterprise // Mining industry. 2009, no. 12(87), pp. 2-5.
15. Kuleshov A.A. Powerful excavator- dumptruck complexes. Moscow: Nedra. 1980. – 317 p.
16. Anistratov Yu., Anistratov K. Classification of surface mining systems for the development of mineral deposits by energy input criterion // Russian Mining. 2004, no. 6, pp. 11-15.
17. Anistratov Yu.I. Technological flows at open pits. Energetic theory of open-pit mining. – M.: Globe, 2005. – 317 p.
18. Anistratov K.Yu. Economic and mathematical model of complex mechanisation of mining operations at the quarries // Mining Industry. 2015, no. 3(121), pp. 54-55.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Кузнецов Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Открытые горные работы»	Kuznetsov Dmitrii Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of opencast mining
Косолапов Александр Иннокентьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Открытые горные работы»	Kosolapov Aleksandr Innokentievich – doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of opencast mining
KuznetsovDV@mail.ru	

Получена 07.08.2024