

РАЗВИТИЕ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Пыталев И.А., Бурмистров К.В., Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия;

Юсупов М.Э., ООО «Маггеопроект», Магнитогорск, Россия;

Головей С.И., Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия

Аннотация: Рост глубины ведения открытых горных работ приводит к ухудшению горнотехнических условий разработки и к росту затрат на разработку месторождений. Самый существенный рост затрат отмечается в процессе транспортирования, что связано с увеличением общего расстояния транспортирования. Менее стремительный рост затрат отмечается на карьерах, использующих ЦПТ. Однако стационарное расположение перегрузочных пунктов, не предусматривающих их перемещение, существенно снижает со временем эффективность данной технологии, ввиду роста транспортной работы на автотранспорт. Рассмотрены вопросы взаимосвязи динамики развития рабочей зоны и ЦПТ. Определён целесообразный шаг переноса ДПП с автотранспорта на конвейерный с учетом затрат. Исследования выполнены применительно к карьере по добыче медно-порфировых руд.

Ключевые слова: рабочая зона, коэффициент вскрыши, конвейерный транспорт, циклично-поточная технология, система вскрытия, карьерный транспорт.

DEVELOPMENT OF CYCLIC-FLOW TECHNOLOGIES AT HIGH-PERFORMANCE DEEP OPEN PITS WITH DYNAMIC WORKING AREA

Pytalev I.A., Burmistrov K.V., Magnitogorsk State Technical University, G. I. Nosova. Magnitogorsk, Russia;

Yusupov M.E., Maggeoproekt LLC, Magnitogorsk, Russia;

Golovey S. I., Magnitogorsk State Technical University, G. I. Nosova. Magnitogorsk, Russia

Abstract: An increase in the depth of open-pit mining leads to a deterioration in the mining conditions of development and to an increase in the cost of developing deposits. The most significant increase in costs is noted in the transportation process, which is associated with an increase in the total transportation distance. A less rapid increase in costs is observed in quarries using CCT. However, the stationary location of transshipment points that do not provide for their movement significantly reduces the effectiveness of this technology over time, due to the growth of transport work on vehicles. The issues of the relationship between the dynamics of the development of the working area and the CLT are considered. An expedient step of transferring the DPP from motor transport to conveyor transport has been determined, taking into account costs. The studies were carried out in relation to a copper ores open pit.

Keywords: working area, stripping ratio, conveyor transport, cyclical-flow technology, opening-up of an opencast system, mining transport.

Снижение среднего содержания полезных компонентов в разрабатываемых рудах приводит к необходимости вовлечения в отработку. Одним из перспективных направлений совершенствования технологической схемы транспортирования горной массы на глубоких высокопроизводительных карьерах на ближайшую перспективу является применение и развитие циклично-поточной технологии с использованием автомобильного и конвейерного транспорта [1-4]. Конвейерный транспорт обладает преимуществами, такими как высокая производительность, относительно низкие затраты на транспортирование горной массы, большие углы подъёма горной массы и пр. [5-7]. При этом горнодобывающие предприятия, которые уже длительное время находятся в эксплуатации в проектах на разработку

месторождений, которых не были изначально запроектированы конвейерные подъемники, лишь с увеличением производительности и затрат на транспортирование рассматривают возможность перехода на циклично-поточную технологию (ЦПТ). Эффективность использования циклично-поточной технологии во многом зависит от места расположения перегрузочного пункта [8, 9]. В мировой практике достаточно широкое распространение на глубоких карьерах получило применение стационарных дробильно-перегрузочных пунктов. Однако, у стационарных ДКК имеются существенные недостатки, вызванные отсутствием возможности их переноса по мере углубления карьера, что по мере развития горных работ приводит к увеличению доли транспортной работы на автомобильный транспорт. Применение мобиль-

ных ДКК нельзя рассматривать в качестве достойной альтернативы стационарным ДКК для высокопроизводительных карьеров, так как они обладают сравнительно низкой производительностью. Одним из перспективных видов оборудования для данных целей является использование полустационарных дробильных установок, когда местоположение дробильного оборудования меняется через определенные промежутки времени [8, 10, 11]. Однако, расширение области применения конвейерного транспорта и выбора шага переноса перегрузочных пунктов и их места расположения в карьере осложняется высокой динамикой развития рабочей зоны. Формирование схем циклично-поточного транспорта при высокой динамике развития рабочей зоны высокопроизводительных карьеров рассмотрено на примере карьера по добыче медной руды.

Целью исследований является расширение области применения ЦПТ на высокопроизводительных глубоких карьерах с учетом выбора оптимального шага переноса ДПП

Материал и метод исследования

При выборе варианта развития горных работ в карьере основными требованиями являются обеспечение проектной производительности по полезному ископаемому и поддержание допустимого на предприятии текущего коэффициента вскрыши [12, 13]. В данной работе при планировании горных работ был введен дополнительный критерий — возможность увеличения глубины использования конвейера для сокращения транспортной работы автомобильного транспорта. Были рассмотрены пять вариантов развития карьера с ЦПТ и один с автомобильным транспортом (табл. 1).

Таблица 1/Table 1

Варианты развития рабочей зоны и ЦПТ в карьере./ Options for the development of the working area and cyclic-flow technology in a quarry.

Номер варианта/ Variant number	Решение по развитию ЦПТ/ Solution for the development of cycle-flow technology
B1	Предусматривает использование только автотранспорта (использовался для сравнения остальных вариантов с ЦПТ).
B2	Проектный вариант, применяется рудный конвейер протяженностью 1418 м.
B3	Наклонный рудный конвейер, как и в предыдущем варианте остается на восточном борту карьера, при этом увеличилась протяженность рудной конвейерной линии до 1938м за счет установки КНК на восточном борту. Также произошел переход со стационарной дробильной установки на полустационарную.
B4	В рассматриваемом варианте запроектировано применение ЦПТ на вскрышном участке, а именно строительство породного КНК на восточном борту, а также строительство конвейера на поверхности и применение в комплексе конвейеров и отвалообразователя для формирования внешнего и внутренних скальных отвалов.
B5	Предусмотрено увеличение протяженности существующего наклонного рудного конвейера на восточном борту карьера. Стационарная дробильная установка перемещается с горизонта +220 м на горизонт -10 м.
B6	Предусматривается развитие карьера по годам и применение схемы транспортирования на рудном участке аналогичные пятому варианту. Изменения предусмотрены в технологической схеме транспортирования на вскрышном участке. В рассматриваемом варианте было запроектировано применение ЦПТ на вскрышном участке, а именно строительство породного наклонного конвейера на поверхности. Породный конвейер располагается на северо-востоке рядом с отвалом, применяется в комплексе с отвалообразователем для формирования внешнего скального отвала.

Равномерное развитие рабочей зоны предполагает поддержание в постоянной работе более 10-ти уступов, для этого требуются частые перегоны буровых станков и экскаваторов по площади карьера. Для увеличения концентрации горных работ в вариантах 3-6 предусмотрен переход на отработку высокими уступами, с производством выемочно-погрузочных работ из развала разделением на подступы [12, 14]. За счет изменения высоты рабочего уступа с 15 м до 30 м и расширения рабочих площадок также появляется возможность создавать рудные усреднительные склады непосредственно в карьере, что особенно актуально для рудных карьеров с невыдержанными качественными характеристиками полезного ископаемого. Основные параметры и показатели системы разработки по рассматриваемым вариантам представлены в табл. 2.

Таблица 2/Table 2

Основные параметры ЦПТ по вариантам развития карьера/ The main parameters of the CPT by career development options.

Наименование показателя/Name of indicator	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Текущий коэффициент вскрыши, м³/т	0,3-0,99	0,3-0,99	0,32-0,41	0,32-0,41	0,32-0,44	0,32-0,44
Скорость углубки, м/год	3-18,5	3-18,5	9-15	9-15	10-15	10-15
Скорость подвигания фронта, м/год	65-200	65-200	50-118	50-118	8-127	8-127
Максимальная протяженность рудного конвейера, м	-	1418	1938	1938	2513	2513
Протяженность породного конвейера, м	-	-	-	-	-	3075

Исходя из рассчитанных объемов горной массы по годам отработки месторождения для каждого варианта, была произведена оценка каждой технологической схемы применения ЦПТ в карьере в составе системы вскрытия [15] по следующим критериям: срок ввода конвейера; величина текущего коэффициента вскрыши; равномерность календарного графика горных работ по руде и вскрышным породам. Исходя из выполненной оценки по данным критериям вариант 4 является наиболее подходящим и перспективным, в первую очередь, за счет применения ЦПТ в технологической схеме транспортирования на рудном и вскрышном участках, что позволяет рассредоточить грузопотоки в карьере и снизить расходы на транспортирование.

Для транспортирования горной массы на карьере применяются автосамосвалы грузоподъемностью 186 т и грузоподъемностью 91 т. С увеличением глубины горных работ и развитием карьера в плане увеличивается транспортная работа автомобильного транспорта. С учетом возрастающего количества автомобильных съездов более существенно возрастает приведенная транспортная работа, учитывающая условия перемещения автосамосвалов в груженом и порожняковом состоянии: на спуск, на подъем, горизонтальные участки [16-18]. Развитие рабочей зоны глубоких карьеров с комплексами ЦПТ и соответственно увеличивающийся расход топлива карьерными автосамосвалами предопределяет необходимость периодического переноса дробильно-перегрузочных установок (ДПУ). Тип ДПУ, периодичность

и шаг их переноса устанавливаются по результатам оптимизации технологических грузопотоков за длительный период разработки.

Для определения целесообразной глубины расположения ДПУ в условиях высокопроизводительных глубоких карьеров была построена зависимость шага переноса перегрузочного пункта от затрат на дизельное топливо карьерных автосамосвалов (рис. 1).

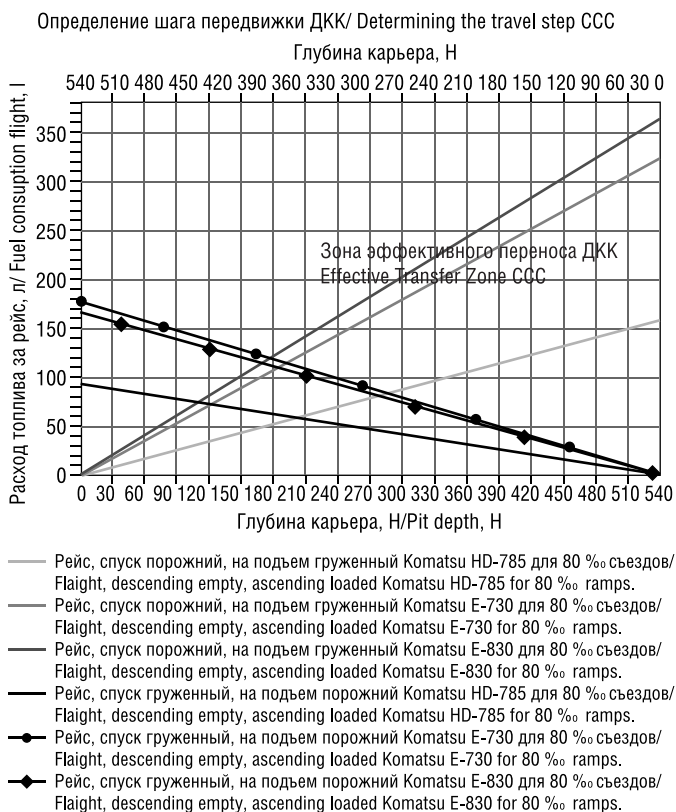


Рис. 1. Схема определения целесообразного шага переноса ДПУ/ Fig. 1. Scheme for determining the appropriate step for the transfer of crushing and transfer plants.

Из построенного графика на рис. 1 видно, что для автосамосвалов различной грузоподъемности наблюдается рост расхода топлива за 1 рейс при подъеме грузовой автосамосвала

и спуске порожнего, при спуске грузовой и подъеме порожнего. Определение расхода топлива на отдельных преодолеваемых автосамосвалами участков производилось на основе хронометражных наблюдений, а также на основании обработки данных систем автоматизированной диспетчеризации. Наибольшие значения расхода топлива соответствуют движению грузовой автосамосвала на подъем, наименьшие — порожнего на спуск. Также на участках транспортирования присутствуют результаты расчетов расхода топлива для промежуточных вариантов движения грузовой и порожнего автосамосвалов. Точки пересечения линий показывают на оптимальное соотношение различных участков и условий транспортирования горной массы для применяемых на карьере моделей автосамосвалов. Соответственно на глубине, соответствующей оптимальному сочетанию данных участков транспортирования целесообразно расположить перегрузочный пункт. Расчеты были выполнены для двух моделей автосамосвалов, грузоподъемностью 91 т и 186 т. Расчеты показали уменьшение целесообразного шага переноса ДПУ по мере возрастания грузоподъемности автосамосвала. Таким образом, для условий рассматриваемого карьера был определен целесообразный шаг переноса перегрузочного пункта в пределах от 150 м до 210 м, данные значения послужили основой для проработки вариантов развития ЦПТ в карьере.

Изменение расстояний транспортирования, транспортной работы и доли транспорта по годам отработки месторождения представлено на рис. 2. Исходя из определенных расстояний транспортирования и годовой производительности карьера по горной массе, по методике [19, 20], определена доля транспорта в технологическом цикле транспортирования, расход топлива, транспортная работа с изменениями по годам отработки месторождения. В процентах на графиках показана доля перевозок руды и вскрыши конвейерным транспортом.

По построенным графикам видно, что перенос ДПУ по мере углубки карьера существенно влияет на сокращение транспортной работы автотранспорта и расхода топлива.

На основании полученных данных был произведен расчет экономических показателей по рассматриваемым вариантам, экономическая эффективность определялась в сравнении с действующим проектом (В2). Результаты расчетов представлены в табл. 3.



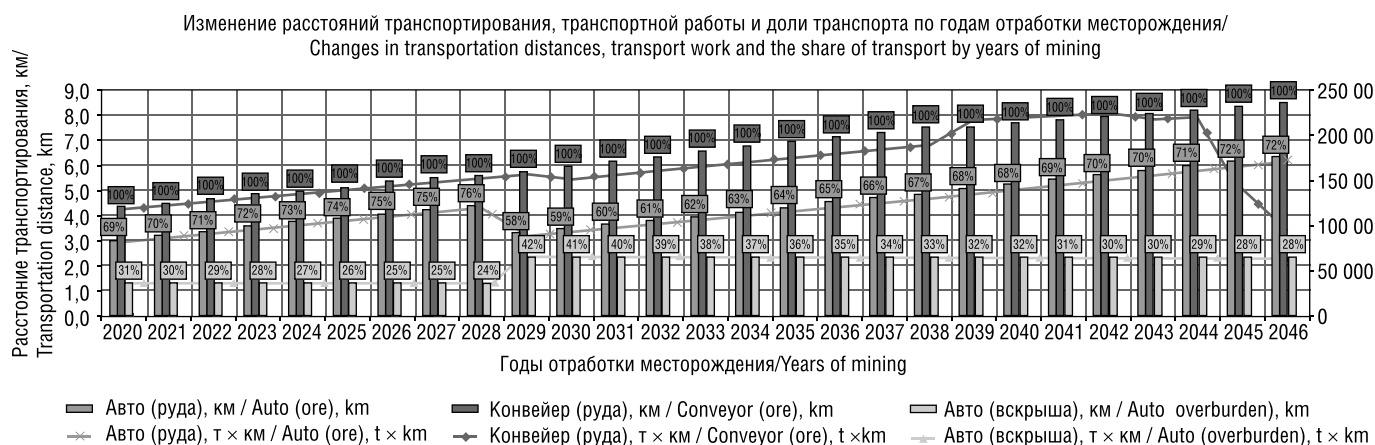


Рис. 2. Изменение параметров грузопотоков для рассматриваемых вариантов / Fig. 2. Changing the parameters of rock mass flows for the considerate options.

Таблица 3/ Table 3

Определение экономической эффективности по рассматриваемым вариантам / Determination of economic efficiency for the considered options.

Наименование показателей/ The name of indicators	Ед.изм./ Units	Варианты / variants					
		1	2	3	4	5	6
Капитальные вложения	млн. руб.	4044,3	3570,5	2998,6	3271,5	3443,3	3850,2
Эксплуатационные затраты без амортизации	млн. руб.	480789,4	474455,3	459743,1	459744,4	458538,3	465799,1
EBITDA	млн. руб.	193545,8	199879,9	288739,5	288659,1	288717,5	279357,2
EBITDA с учетом дисконта	млн. руб.	44320,7	47174,5	59582,0	60892,9	59670,7	59002,1
Чистая прибыль	млн. руб.	95262,6	101382,4	159784,5	162188,0	159129,7	151665,2
Дисконтированная чистая прибыль	млн. руб.	21120,8	23666,1	34429,2	35713,8	34534,5	33985,0
Индекс доходности		5	7	11	10	9	8
Экономическая эффективность по сравнению с действующим проектом (сравнение по ЧДД)	млн. руб.	-2545,2	-	10763,0	12047,6	10868,3	10318,8

Исходя из результатов расчетов видно, что предлагаемые технические и технологические решения в четвертом варианте являются наиболее целесообразными. Вариант 4 имеет более чем на 50% выше экономическую эффективность, чем вариант 2, принятый за базовый. Это свидетельствует о том, что для условий глубоких высокопроизводительных карьеров целесообразно пересматривать развитие ЦПТ в соответствии с динамикой развития горных работ в карьере.

Выводы

В статье представлены исследования, направленные на оценку целесообразности развития ЦПТ для глубоких высокопроизводительных карьеров. Расчеты выполнены применительно к горнотехническим условиям карьера на месторождении медно-порфировых руд. Были рассмотрены 6 возможных вариантов развития горных работ в карьере и соответствующего развития ЦПТ. Для каждого рассматриваемого варианта были определены: направление развития горных работ, скорость продвижения и скорость углубки, время отработки по этапам реализации технико-технологических решений, определена потребность в транспортном оборудовании, определены параметры перехода на работу высокими уступами, определен шаг переноса ДПУ, определены параметры формирования рудного усреднительного склада, выполнен расчет экономических показателей.

Рассматриваемые варианты отличались наличием конвейерного транспорта в технологической цепочке транспортирования руды и вскрышных пород, протяженностью кон-

вейеров, количеством автосамосвалов. Исходя из выполненного анализа приведенной транспортной работы для различных условий транспортирования горной массы карьерными самосвалами была построена зависимость изменения расхода дизельного топлива с глубиной карьера для различных условий транспортирования. Наибольшие значения расхода топлива соответствуют движению груженого автосамосвала на подъем, наименьшие – порожнего на спуск. Расчеты были выполнены для двух моделей автосамосвалов, грузоподъемностью 91 т и 186 т. Результаты расчетов показали уменьшение целесообразного шага переноса ДПУ по мере возрастания грузоподъемности автосамосвала. Таким образом, для условий рассматриваемого карьера был определен целесообразный шаг переноса перегрузочного пункта в пределах от 150 м до 210 м, данные значения послужили основой для проработки вариантов развития ЦПТ в карьере.

Были выполнены расчеты основных экономических показателей, для определения экономической эффективности рассматриваемых вариантов. Исходя из выполненных расчетов, можно сделать вывод, что принятые технические и технологические решения в четвертом варианте являются наиболее выгодными. Экономическая эффективность по варианту 4 составляет 35,7 млрд. рублей, что на 12 млрд больше, чем по проектному варианту 2, принятому нами за базовый, срок окупаемости проекта составляет 1 год, индекс доходности больше единицы, это значит, что проект является эффективным. ■

Благодарность: Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-3602.2021.1.5/

Gratitude: The article was made with the financial support of the grant of the President of the Russian Federation MD-3602.2021.1.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Dzakpata I, Knights P., Kizil M.S., Nehring M., Aminossadati S.M., Truck and Shovel Versus In-Pit Conveyor Systems: a Comparison Of The Valuable Operating Time, in Naj Aziz and Bob Kininmonth (eds.), Proceedings of the 16th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 10-12 February 2016, 463-476.
2. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Karginov K.G. Mining industry - the basis for sustainable development of North Ossetia-Alania [Sustainable Development of Mountain Territories]. 2017, vol. 9, no. 2 (32), pp. 163-171.
3. Гавришев С.Е., Калмыков В.Н., Бурмистров К.В., Томилина Н.Г., Заляднов В.Ю. Оценка эффективности схем вскрытия законтурных запасов с применением карьерных подъемников // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 7-11.
4. Despodov Z., Mirakovski D., Mijalkovski S. Methodology for selection of the most convenient ore transportation system in regard to the environmental protection // The International Journal of Transport and Logistics. 2013. N13(26). 10 p.
5. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry // Journal of Sustainable Mining. - 2017. - V.16. - № 1. - P. 24-30.
6. Pozynich K., Telnova S., Pozynich E. Sandwich belt high-angle conveyors in solving the transportation problems of deep open pits // VIII International Scientific Siberian Transport Forum. Trans Siberia. - 2019. - V. 2. - P. 110-124.
7. Яковлев В.Л., Бахтурин Ю.А., Журавлев А.Г. Основные аспекты формирования и новые научные направления исследований транспортных систем карьеров // Наука и образование. - 2015. - № 4. - С. 67-72.
8. Paricheh M., Osanloo M. Determination of the optimum in-pit crusher location in open-pit mining under production and operating cost uncertainties // 16th International Conference on Computer Applications in the Mineral Industries. - Istanbul, Turkey, 5-7 October 2016. - P. 34.
9. Morriss P., Hustrulid A., Макеев А. Системы дробления и транспортировки горных пород в карьерах // Горная промышленность. 2009. №2. С. 24-28.
10. Кармаев Г.Д. Перспективные направления развития автомобильно-конвейерного транспорта/ Г.Д. Кармаев, А.В. Глебов, В.А. Берсенева // Горная техника. - 2017. - №1. С. 56-61.
11. Практика применения полустационарных дробильных установок [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/drobilka/1294-praktika-primeneniya-polustatsionarnykh-drobilnykh-ustanovok>, свободный доступ.
12. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Колонюк А.А. Интенсивность формирования рабочей зоны глубоких карьеров. Магнитогорск, 2013. 187 с.
13. Исайченков А.Б., Леонов Е.И., Кутовой А.В. Обоснование рациональных параметров рабочей зоны при отработке разреза «Буреинский» / Исайченков А.Б., Леонов Е.И., Кутовой А.В., Галимьянов А.А., Заляднов В.Ю., Караулов Н.Г. // Уголь. 2020. № 11 (1136). С. 22-28.

14. Федотенко В.С., Рыльникова М.В., Есина Е.Н. Влияние горно-геологических и горнотехнических факторов на параметры горнотехнических систем отработки угольных месторождений с высокими вскрышными уступами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S38. С. 166-179.
15. Бурмистров К.В., Гавришев С.Е., Рахмангулов А.Н. Оценка устойчивости функционирования системы вскрытия карьеров // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2020. № 4. С. 132-141.
16. Вашлаев И.И., Селиванов А.В. Определение горизонтального эквивалента перемещения горной массы автомобильным транспортом по энергетическому критерию при движении на уклонах // Известия вузов. Горный журнал. 1997. N9-10. С. 78-80.
17. Видулин А.Е., Михалев С.А., Посыльный С.И. Метод расчета удельной протяженности проведения горных выработок и их стоимости // Уголь. 2001. N5. С. 30-33.
18. Soofastaei A., Aminossadati S.M., Kizil M., Knights M. Reducing fuel consumption of haul trucks in surface mines using artificial intelligence models // 2016 Coal Operators' Conference. 2016. pp. 477-489.
19. Лель Ю.И. Методика нормирования расхода топлива автосамосвалами в глубоких карьерах/ Ю.И. Лель, И.В. Зырянов, Д.Х. Ильбульдин, О.В. Мусихина, И.А. Глебов// News of the Ural State Mining University. - 2017. №4. - С. 66-71.
20. Argimbaev K.R. Investigations of the deposit geological structure impact on the technogenic accident risk at the mining plant // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. T. 13. № 7. С. 1713-1717.

REFERENCES

1. Dzakpata P. Knights M.S., Kizil M., Nehring S.M., Aminossadati Truck and Shovel Versus In-Pit Conveyor Systems: a Comparison Of The Valuable Operating Time, in Naj Aziz and Bob Kininmonth (eds.), Proceedings of the 16th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 10-12 February 2016, 463-476.
2. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Karginov K.G. Mining industry - the basis for sustainable development of North Ossetia-Alania [Sustainable Development of Mountain Territories]. 2017, vol. 9, no. 2 (32), pp. 163 171.
3. Gavrishchev S.E., Kalmykov V.N., Burmistrov K.V., Tomilina N.G., Zalyadnov V.Yu. Evaluation of the effectiveness of the scheme for opening state reserves using open pit lifts. Bulletin of the Magnitogorsk Technical University. G.I. Nosov. 2014. No. 1 (45). pp. 7-11.
4. Despodov Z., Mirakovski D., Mijalkovski S. Methodology for selection of the most convenient ore transportation system in regard to the environmental protection // The International Journal of Transport and Logistics. 2013. N13(26). 10 p.
5. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry // Journal of Sustainable Mining. - 2017. - V.16. - № 1. - P. 24-30.
6. Pozynich K., Telnova S., Pozynich E. Sandwich belt high-angle conveyors in solving the transportation problems of deep open pits // VIII International Scientific Siberian Transport Forum. Trans Siberia. - 2019. - V. 2. - P. 110-124.
7. Yakovlev V.L., Bakhturin Yu.A., Zhuravlev A.G. The main aspects of formation and new scientific directions of research of open pit transport systems // Science and education. - 2015. - No. 4. - P. 67-72.
8. Paricheh M., Osanloo M. Determination of the optimum in-pit crusher location in open-pit mining under production and operating cost uncertainties // 16th International Conference on Computer Applications in the Mineral Industries. - Istanbul, Turkey, 5-7 October 2016. - P. 34.
9. P. Morriss, A. Hustrulid, A. Макеев. Системы дробления и транспортировки горных пород в карьерах// Горная промышленность. 2009. №2. С.24-28.
10. Karmaev G.D. Perspective directions of development of automobile conveyor transport / G.D. Karmaev, A.V. Glebov, V.A. Bersenev // Mining equipment. - 2017. ? №1. ?S. 56-61.
11. The practice of using semi-stationary crushing plants [Electronic resource]. - Access mode: <https://mining-media.ru/ru/article/drobilka/1294-praktika-primeneniya-polustatsionarnykh-drobilnykh-ustanovok>, free access.
12. Gavrishchev S.E., Burmistrov K.V., Kolonyuk A.A. The intensity of the formation of the working zone of deep quarries. Magnitogorsk, 2013. 187 p..
13. Isaichenkov A.B., Leonov E.I., Kutovoy A.V. Substantiation of the rational parameters of the working zone during the development of the Bureinsky open-pit mine / Isaichenkov A.B., Leonov E.I., Kutovoi A.V., Galimyanov A.A., Zalyadnov V.Yu., Karaulov N.G. // Coal. 2020. No. 11 (1136). pp. 22-28.
14. Fedotenko V.S., Rylnikova M.V., Esina E.N. Influence of mining-geological and mining-technical factors on the parameters of mining systems for mining coal deposits with high overburden ledges // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). 2017. No. S38. pp. 166-179.
15. Burmistrov K.V., Gavrishchev S.E., Rakhmangulov A.N. Evaluation of the stability of the functioning of the open-pit opening system. Izvestiya of the Tula State University. Earth Sciences. 2020. No. 4. P. 132-141.
16. Vashlaev I.I., Selivanov A.V. Determination of the horizontal equivalent of the movement of rock mass by road transport according to the energy criterion when driving on slopes. Izvestiya vuzov. Mining magazine. 1997. N9-10. pp. 78-80.
17. Vidulin A.E., Mikhalev S.A., Messenger S.I. Method for calculating the specific length of mine workings and their cost // Coal. 2001. N5. pp. 30-33.
18. Soofastaei A., Aminossadati S.M., Kizil M., Knights M. Reducing fuel consumption of haul trucks in surface mines using artificial intelligence models // 2016 Coal Operators' Conference. 2016. pp. 477-489.
19. Lel Yu.I. Technique of regulation of fuel consumption by dump trucks in deep quarries / Yu.I. Lel, I.V. Zyryanov, D.Kh. Ilbuldin, O.V. Musikhina, I.A. Glebov// News of the Ural State Mining University. - 2017. No. 4.-pp. 66-71.
20. Argimbaev K.R. Investigations of the deposit geological structure impact on the technogenic accident risk at the mining plant // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. T. 13. № 7. С. 1713-1717.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Пыталев Иван Алексеевич:
доктор технических наук,
профессор кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых,
директор института горного дела и транспорта,
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова,
Магнитогорск, Россия,
e-mail: vehicle@list.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ivan A. Pytalev,
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Mineral Resources
Development,
Nosov Magnitogorsk State Technical University,
Magnitogorsk, Russia,
e-mail: vehicle@list.ru



Бурмистров Константин Владимирович:
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Разработки месторождений
полезных ископаемых»,
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова,
Магнитогорск, Россия,
e-mail: k.burmistrov@magtu.ru

Konstantin V. Burmistrov:
PhD in Engineering,
Associate Professor,
Department of Mineral Deposits Development,
Nosov Magnitogorsk State Technical University,
Magnitogorsk, Russia,
e-mail: k.burmistrov@magtu.ru



Юсупов Максим Эдгарович:
инженер-проектировщик,
ООО «Маггеопроект»,
Магнитогорск, Россия,
e-mail: max1m.yusupov@yandex.ru

Maxim E. Yusupov:
design-engineer,
ООО «Maggeoproject»,
Magnitogorsk, Russia,
e-mail: max1m.yusupov@yandex.ru



Головей Станислав Игоревич:
аспирант,
кафедра «Разработки месторождений полезных
ископаемых»,
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова,
Магнитогорск, Россия,
e-mail: gm_si@mail.ru

Golovey Stanislav Igorevich:
post-graduate student,
Mineral Deposits Development Department,
Nosov Magnitogorsk State Technical University,
Magnitogorsk, Russia,
Magnitogorsk, Russia,
e-mail: gm_si@mail.ru

ДОЛЯ УЧАСТИЯ АВТОРОВ / SHARE OF PARTICIPATION OF THE AUTHORS

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

КАЗАНСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Информируем Вас

Подготовка студентов в Институте геологии и нефтегазовых технологий ведется по 2-м направлениям:
05.03.01 Геология и 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Контакты : 420008, Казань, Кремлевская 4/5,
Институт геологии нефтегазовых технологий
Тел/факс: (843) 233-71-61. E-mail: geofak@kpfu.ru

WWW.N-GN.RU