

Е. А. Несмашный, К. А. Федин
ГВУЗ «Криворожский национальный
университет»

В. В. Перегудов, А. В. Романенко
ГП «ГП «Кривбаспроект»

Совершенствование транспортной системы карьера ПАО «ЮГОК»

Рассмотрено развитие, современное состояние и перспективы совершенствования транспортной системы карьера ПАО «ЮГОК». Отмечены основные проблемы, возникающие при реконструкции транспортных схем глубоких карьеров, приведены возможные пути их решения. (Ил. 2. Табл. 3. Библиогр.: 9 назв.).

Ключевые слова: транспортная система, карьер, реконструкция глубоких карьеров

Development, current state and updating perspectives for transport system of PJSC «YuGOK» is considered. Main problems arising during reconstruction of transport schemes of deep open-pits are identified, possible ways of their development are given.

Key words: transport system, open-pit, reconstruction of deep open-pits

Современное состояние открытой разработки железорудных месторождений в Криворожском железорудном регионе сопровождается постоянным понижением горных работ (10–15 м/год), в результате чего глубина карьеров достигла 350–400 м. Предусматривается дальнейшее увеличение глубины карьеров до 750–1000 м.

Этим определяется повышенное внимание к проблеме транспорта глубоких карьеров, потому что без ее решения невозможно обеспечить рентабельную добычу полезных ископаемых на таких глубинах. Оснащение карьеров новым горнотранспортным оборудованием, совершенствование технологии и организации производства и другие факторы технического прогресса пока не компенсируют связанное с ростом глубины карьеров увеличение затрат. Поэтому по мере роста расстояний транспортирования и высоты подъема горной массы, уменьшения размеров рабочей зоны карьера требуется периодическое совершенствование транспортной системы и схемы вскрытия карьера, направленное на обеспечение оптимальных условий эксплуатации каждого из применяемых на карьере видов транспорта при их самостоятельном или комбинированном использовании [1; 2].

Для решения проблемы транспорта глубоких карьеров предлагается применять циклично-поточную технологию с крутонаклонными конвейерами, вскрышные траншеи глубокого ввода железнодорожного и автомобильного транспорта, скиповые крутонаклонные подъемники и т. д. Все эти технологии требуют строительства соответствующих горных выработок, которое может происходить исключительно в ограниченной рабочей зоне, так как земельные отво-

ды под существующие карьеры, как правило, не могут быть увеличены из-за наличия промышленных и жилых сооружений вокруг этих карьеров. Учитывая, что такое строительство происходит, как правило, с применением буровзрывных работ, которые представляют собой значительную опасность как для жилых и промышленных сооружений, так и для людей, находящихся в этих сооружениях, то становится очевидной необходимость совершенствования параметров массовых взрывов для минимизации негативного их влияния на окружающую среду.

Многолетний опыт исследований транспортной проблемы глубоких карьеров показывает, что ее решение возможно на основе коренного пересмотра стратегии формирования транспортных систем карьеров. Необходим учет закономерностей развития карьерного пространства и грузопотоков горной массы, условий производства горных работ за достаточно длительные периоды разработки месторождений, а в идеале – от его начала и до конца. Реализация такой методики требует динамической постановки задачи, учета всего многообразия влияющих факторов, что возможно лишь на основе применения экономико-математического моделирования и использования современных информационных систем [3].

При этом необходимо учитывать следующее:
– параметры карьера, его производительность по полезному ископаемому и горной массе, режим горных работ, схемы вскрытия и системы разработки в одних и тех же горнотехнических условиях могут иметь разные оптимальные сочетания при различных видах и схемах транспорта;

- при расчете и сравнении величины приведенных затрат по вариантам используется принцип их сравнения за период, в течение которого достоинства и недостатки отдельных видов транспорта проявляются довольно полно;

- сравнительная эффективность формирования транспортных систем должна оцениваться с учетом их взаимосвязи со смежными технологическими процессами, а именно: экскавацией, отвалообразованием, переработкой полезного ископаемого;

- условия вскрытия и разработки верхних, средних и нижних горизонтов карьера существенно отличаются, поэтому расчеты сравнительной эффективности и выбора видов и схем транспорта должны осуществляться дифференцированно для отдельных зон по глубине карьера.

Комплекс именно таких научно-исследовательских, проектно-конструкторских и организационных работ выполняется при осуществлении реконструкции транспортной схемы карьера ПАО «ЮГОК» с целью существенного повышения его производственной мощности [4–6].

Карьер ПАО «ЮГОК» разрабатывает Скелеватское магнетитовое месторождение, которое приурочено к южному замыканию Западно-Ингулецкой синклинали. В связи с этим границы открытых горных работ по глубине определяются синклинальной структурой рудного тела, которое углубляется в северном направлении под углом 10–20°, и конечной глубиной разведки месторождения.

Проведенный анализ закономерностей развития карьера ПАО «ЮГОК» позволил выделить несколько периодов, характеризующихся рядом специфических особенностей, оказывающих существенное влияние на условия и показатели его работы:

I период – с начала разработки до 1960 г.;

II период – 1961–1966 гг.;

III период – 1967–1976 гг.;

IV период – 1977 г. – по настоящее время.

При выделении указанных периодов учитывались следующие факторы: масштаб горных работ, оснащенность карьера погрузочным и транспортным оборудованием, горнотехнические условия (глубина карьера, дальность транспортирования, объем перевозок).

С этих позиций I период можно считать периодом становления карьера. Карьер имел небольшую глубину и производительность, использовался в основном железнодорожный транспорт. Основным погрузочным средством были экскаваторы СЭ-3 с емкостью ковша 3 м³. На транспорте использовались сначала паровозы, затем электровозы типа IV-КП-1.

В период с 1961 по 1967 гг. Существенно увеличилась производительность, осуществлено техническое перевооружение карьера: на погрузке горной массы наряду с ЭКГ-4 начали применяться экскаваторы ЭКГ-8. С 1965 г. начала эксплуатация автосамосвалов БелАЗ-540, на железнодорожном транспорте осуществлялся переход на электротягу. Глубина карьера была небольшой, поэтому ее отрицательное воздействие на усложнение работы транспорта и ухудшение технико-экономических показателей не проявлялось.

Однако уже к 1967 г. обстановка существенно изменилась. На карьере возникли затруднения с освоением все увеличивающихся объемов перевозок, особенно с глубоких горизонтов. Наметилась тенденция к отставанию в производстве вскрышных работ, причем основной причиной этого был транспорт. Дополнительные трудности в работе транспорта, как и в организации планомерного ведения горных работ в целом, возникли на карьере в связи с вовлечением в эксплуатацию бедных руд, требующих обогащения. Колебания качественных характеристик руд в рабочей зоне карьера и требования обогатительных фабрик к поставке рудной массы стабильного состава привели к необходимости резервирования мощностей погрузочного и транспортного оборудования, строительства различного вида промежуточных складов. Это привело к изменению технологии ведения горных работ и схем транспорта.

Начался переход к комбинированным видам транспорта. В этих условиях на карьере в дополнение к автомобильному и железнодорожному транспорту вводится дополнительное звено – конвейерный подъемник. Начиная с 1984 г. наряду с двухзвенными находят применение трехзвенные системы транспорта, объединяющие в единой технологической цепи автомобильный и железнодорожный транспорт с конвейерным подъемом.

В связи с увеличением глубины карьера существенно возрастает трудоемкость транспортирования объемов перевозок. Поэтому при разработке месторождения, с целью поддержания производственной мощности и ее наращивания, исходя из сложившихся горнотехнических условий, утвержденных геологических запасов и прочих факторов, проектом реконструкции транспортной схемы карьера ПАО «ЮГОК», предусмотрено следующее [4]:

- разнос западного борта карьера с целью обеспечения до 2017 г. на нем добычи руды объемом 2,5 млн т в год для достижения мощности карьера 30 млн т в год до 2020 г.;

ГОРНОРУДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- интенсивная углубка и отработка центральной части месторождения и постановка северного борта до отметки -270 м в конечное положение;

- развитие автомобильных дорог северного борта карьера;

- переоборудование транспортных коммуникаций на восточном борту;

- отработка запасов южного борта после ликвидации расположенных на нем транспортных коммуникаций.

В 15-летний период (2013–2028 гг.) осуществляется расконсервирование западного борта горизонтов $+15...-180$ м на железнодорожный (ж/д) транспорт. На западном борту ликвидируются железнодорожные станции горизонтов -60 м, -120 м и -180 м. На данных горизонтах остаются несколько веток железнодорожных

путей, обеспечивающих вывозку горной массы из карьера железнодорожным транспортом. Оработка северного борта карьера на горизонтах $-105...-15$ м планируется на ж/д транспорт (рис. 1). При отработке данного участка руда ж/д транспортом доставляется к перегрузочному пункту (ПП) горизонта -90 м. Оработка нижних горизонтов карьера осуществляется автомобильным транспортом. Руда с горизонтов $-180...-300$ м (с понижением до -360 м) автомобильным транспортом подается на ПП горизонта -210 м. Для отработки горизонтов $-105...-180$ м прокладывается железнодорожная полутраншея спиралевидного типа, которая начинается на отметке $+40,0$ м восточного борта и далее через северный, западный и южный борта выходит на отметку -180 м на восточном борту карьера (рис. 1).

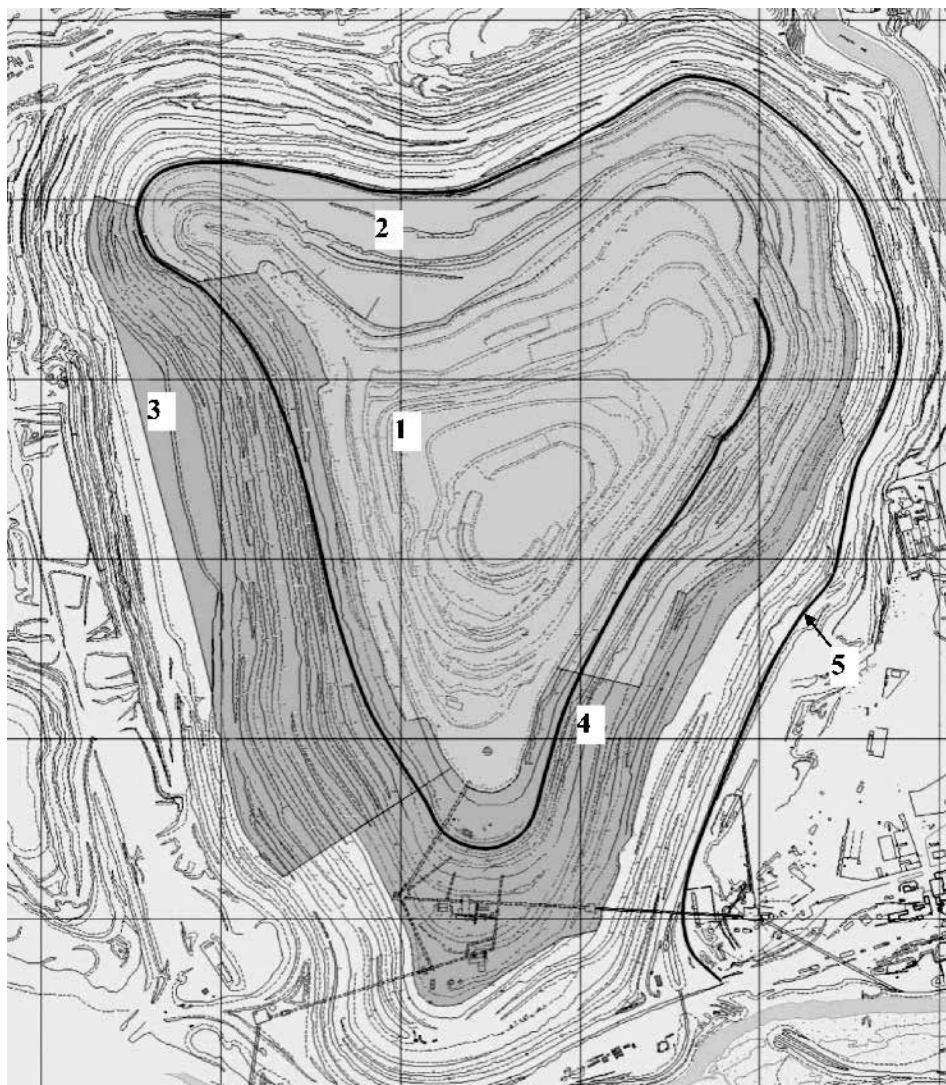


Рис. 1. Проект реконструкции транспортной схемы карьера ПАО «ЮГОК»:

1 - углубка горизонтов $-180...-300$ м до отметки -570 м автомобильным транспортом; 2 - вскрытие верхних горизонтов северного и северо-восточного борта до отметки -90 м железнодорожным транспортом; 3 - вскрытие горизонтов $+15...-90$ м железнодорожным транспортом; 4 - погашение запасов южного и юго-восточного бортов; 5 - железнодорожная полутраншея спиралевидного типа для отработки запасов горизонтов $-105...-180$ м

В период 2029–2043 гг. вскрытие новых горизонтов, с понижением дна карьера до отметки горизонта –480 м, осуществляется автомобильными траншеями с последующей обработкой автомобильным транспортом. Руда с горизонтов –180...–470 м автомобильным транспортом доставляется на ПД горизонта –330 м. Вскрышные породы с горизонтов –180...–470 м автомобильным транспортом доставляются на перегрузочные пункты с последующей погрузкой в железнодорожный транспорт.

В последний 15-летний период (2044–58 гг.) вскрытие новых горизонтов с понижением дна карьера до отметки –570 м планируется осуществлять автомобильными траншеями. Полезное ископаемое в бортах карьера на горизонтах –105...–180 м вывозится железнодорожным транспортом. Обработка нижних горизонтов карьера осуществляется только с использованием автомобильного транспорта. Руда с горизонтов

–270...–570 м автомобильным транспортом доставляется на ПП горизонта –330 м и на перегрузочный пункт с последующей погрузкой в железнодорожный транспорт и транспортировкой на дробильную фабрику. Вскрышные породы с горизонтов –270...–570 м автомобильным транспортом доставляются на перегрузочные пункты с последующей погрузкой в железнодорожный транспорт и транспортировкой в Левобережные отвалы.

Результаты расчета планируемых объемов транспортных потоков для различных участков карьера ПАО «ЮГОК», в рассматриваемые периоды времени даны в табл. 1–3.

Одним из основных элементов реконструкции транспортной схемы карьера ПАО «ЮГОК» является создание новой транспортной связи железнодорожных станций нижних горизонтов с промплощадкой. В связи с этим возникла необходимость строительства стационарной наклон-

Таблица 1

Планируемые объемы перевозок горной массы карьера ЮГОК в 2013–2028 гг.

Участок карьера	Ж/д транспорт				Автотранспорт		Всего	
	Руда (млн т)		Вскрышные породы (млн м ³)		Руда к ПДП –210 м	Вскрыша к ПДП –75 м	Руда (млн т)	Вскрыша (млн м ³)
	К ПДП –90 м	На фабрику	К ПДП –75 м	На отвалы				
Западный борт (гор. +15...–180 м)	31,0	20,0	12,0	11,0	-	-	51	23,0
Восточный борт (гор. –15...–90 м)	25,6	25,0	3,0	1,0	-	-	50,6	4,0
Северный борт (гор. –105...–150 м)	34,0	-	9,0	-	-	-	3,4	9,0
Дно карьера (гор. –180 ... –360 м)	-	-	-	-	240,0	25,5	240	25,5
Всего по карьере за 15-летний период	60,0	45,0	24,0	12,0	240,0	25,5	345	61,5
Годовые объемы транспортировки	4,0	30,0	1,6	0,8	16,0	1,7	23	4,1
Коэффициент вскрыши (м ³ /т) 0,18								

Таблица 2

Планируемые объемы перевозок горной массы карьера ЮГОК в 2029–2043 гг.

Участок карьера	Железнодорожный транспорт		Автомобильный транспорт		Всего	
	Руда на фабрику (млн т)	Вскрыша на отвалы (млн м ³)	Руда к ПДП –330 м	Вскрыша на ПП и далее в отвалы	Руда (млн т)	Вскрыша (млн м ³)
Южный борт карьера (гор. +15...–180 м)	45,0	7,0	-	-	45,0	7,0
Дно карьера (гор. –180...–470 м)	-	-	300,0	38,0	300,0	38,0
Всего по карьере за 15-летний период	45,0	7,0	300,0	38,0	345,0	45,0
Годовые объемы	3,0	0,47	20,0	2,53	23,0	3,0
Коэффициент вскрыши (м ³ /т) 0,13						

Планируемые объемы перевозок горной массы карьера ЮГОК в 2044–2058 гг.

Участок карьера	Автомобильный транспорт		Вскрыша на ПП -285/-300 м и далее ж/д транспортом в отвалы	Всего	
	Руда (млн т)			Руда (млн т)	Вскрыша (млн м ³)
	к ПДП -330 м	на ПП -285/-300 м и далее на фабрику			
Центральная часть карьера (гор. -270-570 м)	300,0	45,0	30,0	345,0	30,0
Всего по карьере за 15-летний период	300,0	45,0	30,0	345,0	30,0
Годовые объемы	20,0	3,0	2,0	23,0	2,0
Коэффициент вскрыши (м ³ /т) 0,09					

ной внутренней полутраншеи спиралевидного типа по восточному борту карьера для ввода железнодорожного транспорта на нижележащий горизонт на участке, расположенном в пределах ранее сложившегося контура карьера по поверхности.

В проектно-технической документации такая вскрывающая выработка получила название траншеи глубокого ввода железнодорожного транспорта.

По проекту трасса траншеи глубокого ввода проходит по восточному борту карьера, от технического поста № 10 до горизонта -15 м и далее в карьер. Планируется, что общий объем руды, добываемый в 2015 г., составит 26 млн т, из которых суммарно комплексами ЦПП горизонт -90 м и горизонт -210 м максимально возможно подать на фабрику 23,0 млн т. Остальную руду в объеме 3,0 млн т необходимо вывезти на фабрику железнодорожным транспортом. К 2020 г. объем перевозки руды по новой железнодорожной связи увеличивается до 7 млн т.

Строительство данной траншеи в составе выполняемой реконструкции горнотранспортной схемы карьера ПАО «ЮГОК» позволит обеспечить его стабильную работу на длительную перспективу по добыче руды, выемке вскрыши и их транспортировке соответственно на ДОФ и отвалы. При этом строительство траншеи глубокого ввода железнодорожного транспорта сопряжено с рядом трудностей, связанных с тем, что восточный борт по поверхности находится на конечном контуре. Конечный контур карьера в восточной части не может быть изменен, т. е. ограничен обводным каналом р. Ингулец и жилым поселком.

Траншея проходит по участку восточного борта, отработка которого велась по скальным породам с крепостью $f = 6-18$, уступами высотой 12–15 м, с оставлением предохранительных берм шириной 10–12 м и транспортных берм шириной 11–20 м. Породы, разрабатываемые при строительстве траншеи, представлены скальными

ми породами крепостью $f = 6-18$. Разборку взрывных скальных пород предусматривается вести экскаватором ЭКГ-5А и автопогрузчиком тупиковыми забоями вверх и вниз от горизонтальной площадки. Бурение взрывных скважин предусматривается производить буровым станком Atlas Copco ROC L-8, позволяющим бурить вертикальные и наклонные скважины диаметром 165 мм.

Существующими нормативными документами определено, что массовые взрывы на карьерах могут проводиться только в том случае, если расстояние от них до защищаемых социально-культурных объектов будет не меньше расстояний, безопасных по разлету кусков породы, сейсмического действия и уровня ударных воздушных волн [8; 9]. Поэтому проектом предусматривалась разработка специальной технологии по безопасному ведению БВР, параметры которых позволили бы существенно снизить их негативное влияние на объекты социально-культурного назначения, находящиеся в непосредственной близости от карьера [7].

Основными мероприятиями по безопасному ведению взрывных работ при строительстве траншеи явилось применение скважин уменьшенного диаметра, ограничение массы одновременно взрываемого ВВ и уменьшение заряда в скважине.

Для решения данной задачи были использованы результаты мониторинга массовых взрывов, который проводился на карьере ПАО «ЮГОК» в течение нескольких последних лет. По результатам анализа этого мониторинга получены эмпирические зависимости и установлены численные значения эмпирических коэффициентов, которые позволили определить численные значения таких параметров массовых взрывов, как:

- предельная масса ВВ на степень замедления, по сейсмическому действию взрыва;
- предельная масса ВВ на степень замедления, по величине ударных воздушных волн;

- предельная масса ВВ на степень замедления, по разлету кусков породы;
- численные значения интервалов замедления между взрыванием отдельных блоков при осуществлении массовых взрывов.

Методика расчета безопасных расстояний по вышеприведенным параметрам различна, поэтому безопасное расстояние принималось по его минимальному значению.

Учитывая значительную изменчивость горно-геологических условий по трассе траншеи, проведение взрывных работ при ее строительстве предусматривалось осуществлять отдельными блоками (пикетами), размеры которых четко обозначены соответствующими маркшейдерско-геодезическими координатами. На каждый такой блок был составлен паспорт буровых и взрывных работ, обеспечивающий безопасные параметры взрыва по сейсмическому воздействию, ударной воздушной волне и разлету осколков (рис. 2).

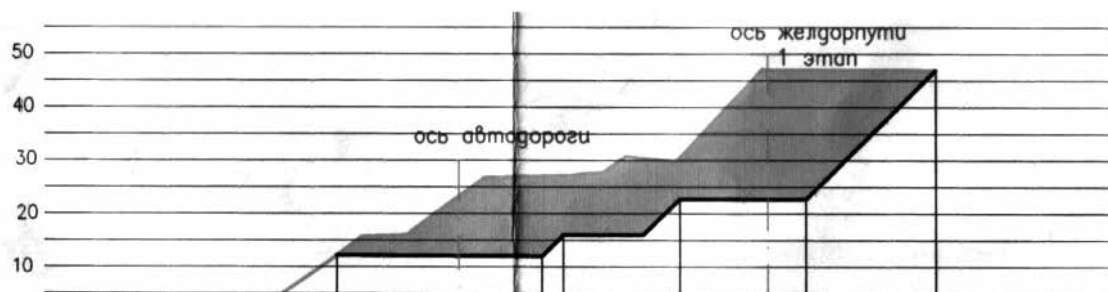
С учетом того, что проходка траншеи увязывается с общим технологическим процессом в карьере, взрывание блоков производилось теми же средствами и по той же методике, что и основных блоков, а именно с применением взрывчатого вещества «Украинит ПП-2» и неэлектрической системы инициирования взрыва «Прима Эра».

В результате выполненных расчетов определены параметры буровзрывных работ, использование которых при строительстве траншеи глубокого ввода на восточном борту карьера ПАО «ЮГОК» обеспечили безопасность жилых домов и зданий социально-культурного назначения, находящихся в зоне влияния массовых взрывов. При этом минимизировано негативное воздействие сейсмических и ударных воздушных волн на эти сооружения, а также исключается вероятность падения обломков горных пород на них.

Строительство траншеи глубокого ввода ж/д транспорта до отметки -90 м завершено. В соответствии с рекомендованными параметрами БВР осуществлено взрывание более 17 блоков в районе, непосредственно примыкающем к трассе траншеи. Во всех случаях уровень сейсмических, ударных воздушных волн массовых взрывов не превысил расчетных параметров, а негативное их влияние на жилые здания и объекты социально-культурного назначения было на минимальном уровне. Фактов падения обломков горной породы за расчетными границами не установлено.

Выводы

На основе комплекса научно-исследовательских, проектных и опытно-промышленных ра-



а)

Максимальный радиус разлета, м	Пикет 5+00 - 7+00 Высота уступа, Н (м)														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Глубина скважины, L (м)														
	4,5	5,5	6,5	7,5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Высота заряда, L _з (м)														
	1,8	2,2	2,6	3,0	3,6	4,0	4,4	5,2	5,6	6,0	6,4	6,9	7,3	7,7	
	Высота забойки, L _{заб} (м)														
350	2,7	3,3	3,9	4,5	5,4	6	6,6	6,8	7,4	8	8,6	9,1	9,7	10,3	
	Максимальная масса взрывчатки в скважине, q (кг)														
	52	64	75	87	104	116	128	151	162	174	186	200	212	223	

б)

Рис. 2. Проектный разрез (а) траншеи глубокого ввода железнодорожного транспорта на восточном борту карьера ПАО «ЮГОК» в границах пикета ПК 5+50 и рекомендуемые параметры БВР (б) при ее строительстве

бот разработана долгосрочная программа реконструкции транспортной системы карьера ПАО «ЮГОК». Ее осуществление позволит эффективно отработать балансовые запасы месторождения.

Первый этап реконструкции транспортной системы карьера «ПАО «ЮГОК», заключающийся в проектировании и строительстве полутраншеи глубокого ввода железнодорожного транспорта, позволил увеличить пропускную способность рудного тракта на 3 млн т сырой руды в год, что существенно улучшило технико-экономические показатели работы карьера.

Библиографический список

1. Яковлев В. Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / В. Л. Яковлев. – Новосибирск: Наука, 1989. – 240 с.
2. Совершенствование транспортных схем выдачи руды для условий ОАО «Южный ГОК» / В. П. Протасов, К. А. Федин [и др.]. – Кривой Рог: Изд-во «Дионис», 2012. – 342 с.
3. Перегудов В. В. Современная методология формирования горнотранспортной системы карьера с использованием ГИС K-MINE на примере карьера «Южный ГОК» / В. В. Перегудов, И. А. Гамалинский, А. В. Романенко, К. А. Федин // *Металлургическая и горнорудная про-*

мышленность. – Днепропетровск: Укрметаллургинформ. – 2013. – № 7. – С. 126–130.

4. Реконструкция карьера в связи с его углубкой с целью поддержания мощности комбината. II очередь (до 2020 года) / ОАО «Укркипроруда». – Харьков, 2010.

5. Визначення параметрів бурових і вибухових робіт при виконанні будівництва траншеї: звіт про НДР / наук. кер. проф. Є. О. Несмашний. – Кривий Ріг: КТУ, 2009.

6. Визначення параметрів вибухових робіт, що забезпечують сейсмічну безпеку об'єктів, які охороняються навколо кар'єра ПівдГЗК з урахуванням використання сучасних вибухових речовин та засобів вибуху: звіт про НДР / наук. кер. проф. Є. О. Несмашний. – Кривий Ріг: КТУ, 2008.

7. Строительство траншеи глубокого ввода железнодорожного транспорта: Рабочий проект. Т. 1. Общая пояснительная записка // ОАО «Южгипроруда». – Харьков, 2008. – 36 с.

8. Единые правила безопасности при взрывных работах. – Киев: Норматив. 1992, – 172 с.

9. Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки. ДСТУ-4704:2008. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008. – 16 с.

Поступила 21.09.2015



УДК 622.271.1.002.68:622.271

Производство

О. А. Медведева, С. Н. Киричко
Институт геотехнической механики
им. Н. С. Полякова НАН Украины

Стратегии разработки техногенных залежей хвостохранилищ

Проверено состояние хранилищ отходов обогащения Кривбасса. Установлены геометрические параметры залегания техногенных россыпей. Выбор добычного оборудования осуществляется исходя из условий его размещения в хвостохранилищах. (Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 14 назв.).

Ключевые слова: технология, гидромеханизация, разработка, открытый способ, техногенные месторождения

The condition of beneficiating waste dumps of Krivbass is checked. Geometry of deposits of legacy placer is specified. The choice of mining equipment is made due to the conditions of its placement at tailing dumps.

Key words: technology, hydromechanization, development, open means, technogenic deposit