

Висновки та напрямок подальших досліджень. Метод наземного лазерного 3D- сканування за точністю кінцевих результатів і вартістю технологічного процесу доступний у застосуванні для досліджень (визначення площ, об'ємів, деформацій, конфігурацій і точних розмірів) не лише лінійних об'єктів шляхів сполучення, а і кар'єрів, підземних виробок будь-якої конфігурації і призначення.

Отже, наземні лазерні сканери є новим вимірювальним засобом, що дозволяють зробити реальним і повсякденним одержання тривимірних моделей різного призначення.

Усе це дозволяє говорити про те, що найближчим часом технологія наземного лазерного сканування якщо не повністю витисне, то, принаймні, займе провідне положення в області польового збору метричної інформації з метою тривимірного моделювання об'єктів і територій.

Список літератури

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.:Недра, 1987,-240 с.
2. GS100 3D laser scanner [Електронний ресурс]: сайт Mensi.- Режим доступу: <http://mensi.com/Website2002/Specs/Spec G100.pdf>.

Рукопис подано до редакції 17.04.14

УДК 622.271.33:622.235

А.Е. ФЕДОТОВ, В.П. БИЦЮК, ПАО «ЦГОК»

Г.И. ЕРЕМЕНКО, М.В. МАРТЫНЮК, кандидаты техн.наук, доц., Б.В. МАРТЫНЮК
Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ №3 ПАО «ЦГОК» С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Выполнен анализ ведения взрывных работ с учетом физико-механических свойств горных пород, горно-геологических и гидрогеологических условий. Представлена динамика добычи руды и производства вскрышных работ за последние 5 лет. С целью обеспечения заданной производительности выемочно-погрузочного оборудования забой представлен необходимым качеством взорванной горной массы. В качестве основного критерия, которым производится оценка взорванной горной массы, является процент выхода негабаритных кусков взорванной горной массы и гранулометрический состав взорванной горной массы. Технологическая связь между параметрами буровзрывных работ и качеством дробления горной массы устанавливается удельным расходом ВВ, который зависит напрямую от параметров БВР.

Рассмотрены основные технологические характеристики применяемых ВВ и дан анализ параметров БВР и конструкции скваженных зарядов ВВ, а также рассмотрены предложения по их рациональному использованию с целью повышения качества дробления горной массы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Карьером № 3 ПАО «ЦГОК» разрабатывается «Петровское» месторождение железистых кварцитов, расположенное в Кировоградской области в 1,5 км юго-восточнее пгт «Петрово».

Данное месторождение сложено породами следующих типов: гнейсы, гранитоиды, безрудные кварциты, железистые кварциты и амфиболиты.

Основной продуктивной толщей является второй горизонт артемовской свиты, сложенный переходной и кондиционной пачкой железистых кварцитов.

Железистые кварциты на месторождении представлены следующими разновидностями: магнетитовыми, гематит-магнетитовыми, карбонат-магнетитовыми и силикат-магнетитовыми.

Глубина зоны окисления 50-70 м, иногда до 120 м. Повсеместно развиты пегматитовые жилы. Количество и мощность жил возрастает на северо-запад, начиная от четвертого разведочного профиля. Форма жил очень сложная, мощности их резко меняются.

Пегматиты представляют собой розовые крупнозернистые биотит-кварц-полево-шпатовые породы. Основные физико-механические свойства представленных пород, а именно коэффициент крепости горных пород по шкале проф. Протоdjяконова, трещиноватость, абразивность, и т.д. влияют на характер их взрывного дробления.

В 2013 г. объем добычи сырой руды на карьере №3 ПАО «ЦГОК» составил 6107,1 тыс. т.

Динамика добычи руды и производства вскрышных работ на карьере №3 ПАО «ЦГОК» за период 2009-2013 гг. представлена в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Годы				
	2009	2010	2011	2012	2013
Руда тыс.т	5 877	5 945	5 713	6 084	6 107
Вскрыша тыс.м ³	4 781	4 776	7353	8 237	7 889
Вскрышная масса тыс.м ³	6 239	6 551	8 758	9 495	9 284
Горная масса (с учетом переваловки) тыс.м ³	7 917	8249	10389	11232	11 029

Анализируя приведенные данные в табл. 1 можно сделать выводы, что в целом производство горной массы возрастает по отношению к 2009 г. на 39 %.

В технологии добычи полезного ископаемого одним из основных процессов являются буровзрывные работы, доля которых в себестоимости добычи полезного ископаемого составляет около 70 %.

Необходимость предварительного дробления при добыче железной руды вызвана физико-механическими свойствами горных пород, а именно - высоким коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова, составляющим более 16.

Бурение эксплуатационных скважин осуществляется станками шарошечного бурения СБШ-250 МНА.

Постановка задачи. Для обеспечения заданной производительности выемочно-погрузочного оборудования необходимо обеспечить забой необходимым качеством взорванной горной массы. Основным критерием является оценка взорванной горной массы, процент выхода негабаритных кусков взорванной горной массы и гранулометрический состав взорванной горной массы.

Технологическая связь между параметрами буровзрывных работ и качеством дробления горной массы устанавливается удельным расходом ВВ, зависящий напрямую от параметров БВР.

Выбор и расчет оптимальных параметров буровзрывных работ зависит от ряда факторов, основными из которых являются: физико-механические свойства горных пород, их структура и т.д. В соответствии с проведением геолого-структурного районирования, на стадии проектирования является самым основным, осуществление правильного размещения в скважинах зарядов взрывчатых веществ на взрываемом блоке в соответствии с фактическим структурным строением горного массива.

Буровзрывные работы ведутся на основании разработанного на комбинате, в соответствии с действующими нормативными документами, согласованного в установленном порядке «Типового проекта на ведение БВР». В «Типовой проект ...» включены паспорта, согласно которым проводится проектирование взрывных блоков, с расположением скважин на блоке в зависимости от текущего состояния горных работ и слагаемых горных пород, а также основные параметры скважинного заряда ВВ. Представлены применяемые конструкции: скважинных зарядов, забойки, конструкции боевиков. Предусмотрены различные схемы коммутации взрывной сети на блоке.

Массовые взрывы в карьере производятся два-три раза в месяц. Так как 80 % взрывааемых скважин в карьере обводненные, в качестве ВВ в основном используются эмульсионные взрывчатые вещества.

Разрушение горных пород в карьере осуществляется сплошными скважинными зарядами. Пример стандартного блока: при высоте уступа $h=15$ м, параметры сплошного скважинного заряда составляют: диаметр - 0,25 м, длина активной части скважины (колонка заряда ВВ) - 11,5 м, высота неактивной части скважины (забойка) - 5,5 м, перебур - 3,0 м, масса заряда для ВВ: для эмульсионных типа - Эмонит-Н - 800 кг (рис. 1а).

Основными направлениями технического прогресса в области производства взрывных работ следует признать активные методы управления действием взрыва, к которым относятся изменения геометрических параметров конструкций скважинных зарядов взрывчатого вещества, применение различных типов взрывчатых веществ и способов их взрывания. Эти методы по-

звolyют существенно изменить механизм действия взрыва скважинного заряда, повысить его полезную работу за счет более полного использования выделяющейся энергии ВВ при взрыве.

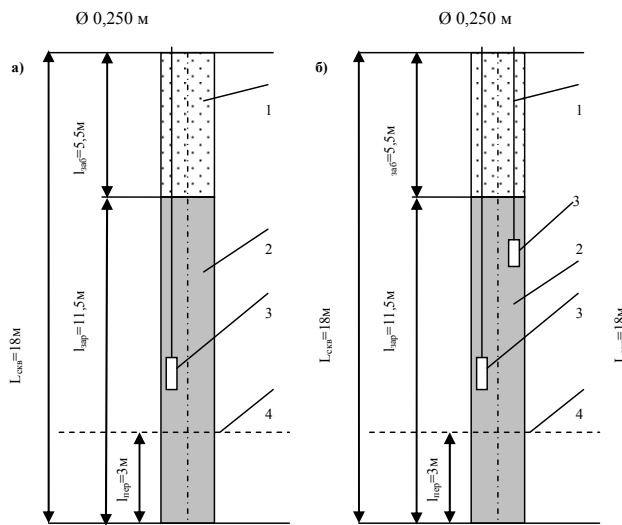


Рис. 1. Конструкция скважинных зарядов ВВ: а - сплошной заряд ВВ; б – сплошной заряд с двухсторонним инициированием ВВ; 1 - забойка; 2 - заряд ВВ; 3 - промежуточный детонатор; 4 - уровень подошвы уступа

К конструкциям зарядов ВВ относят заряды с воздушными и инертными промежутками с боковыми и осевыми воздушными промежутками, заряды комбинированные с различной мощностью и чувствительностью. Широкое практическое применение зарядов с воздушными промежутками на карьере ПАО «ЦГОКА», в последнее время в основном сдерживалось из-за отсутствия надежных и эффективных способов и устройств по созданию промежутков в заряде ВВ.

Отличительной особенностью детонации сплошного заряда (см. рис. 1а) при инициировании его промежуточным детонатором является то, что фронт детонационной волны составляет приблизительно угол 90° с осью заряда. Волны напряжений в среде при этом образуют на участке цилиндрического заряда, где протекает активный процесс детонации, конический либо сферический фронт в зависимости от соотношения скорости детонации ВВ и скорости звука в среде [1].

Изменить направление детонации возможно также путем изменения расположения точки инициирования. Влияние расположения промежуточного детонатора исследовалось многими авторами как теоретически, так и в производственных условиях. В работе [2] приведена зависимость волнового поля напряжений от направления детонации при различных соотношениях скоростей звука в среде и детонации. В работе показано, что в точке сопряжения откоса уступа с подошвой величина напряжений, вызывающая деформацию сдвига по плоскости подошвы, в 2 раза больше при инициировании снизу, чем при инициировании сверху.

Одной из разновидностей методов, использующих направление детонации, является двустороннее инициирование скважинного заряда [3].

При этом методе взрывания можно обеспечить встречу детонационных волн в любом заранее выбранном месте скважины и благодаря многократному увеличению давления при взаимодействии двух детонационных волн выполнить интенсивное дробление горной массы (рис. 1б).

Эмульсионные ВВ нашли свое широкое применение при взрывании всех типов горных пород, в связи с тем что они более экологически чистые. По своим характеристикам эмульсионные взрывчатые ВВ по отношению к тротилосодержащим и простейшим ВВ имеют более высокую плотность и скорость детонации. При этом кислородный баланс близок к нулю (табл. 1).

Таблица 1
Основные технологические характеристики применяемых на карьере взрывчатых веществ

Наименование характеристики	Тип взрывчатого вещества				
	Граммонит 79/21	Комполайт ГС	Украинит ПП-2Б	Эмонит Н-100	Эмонит Н
Кислородный баланс, %	0,02	0,9-3,2	-0,05-4,3	-0,2	-0,2
Плотность, г/см ³	0,85	0,8-0,9	1,3-1,45	1,33-1,37	1,37
Теплота взрыва, кДж/кг	4316	3500	4100-4400	2900-3270	3270
Критический диаметр, мм	15-40	170-180	80-120	120	120
Скорость детонации, км/с	3,6-4,0	2,2-2,7	4,1-4,4	4,8-5,2	4,8-5,2
Объем газов взрыв, л/кг	895	928	760-890	895	930
Водостойкость 24 час, кг/см ²			0,02	0,02	0,02
Работоспособность, см ³	380	-	450	420	420
Бризантность, мм	14-16	-	13	12	12

Одним из основных причин применения эмульсионных ВВ является сильная обводненность горных пород, которая в большей степени также влияет на качество взорванной горной массы (рис. 2), увеличение крепости горных пород при понижении ведения горных пород на нижележащие горизонты.

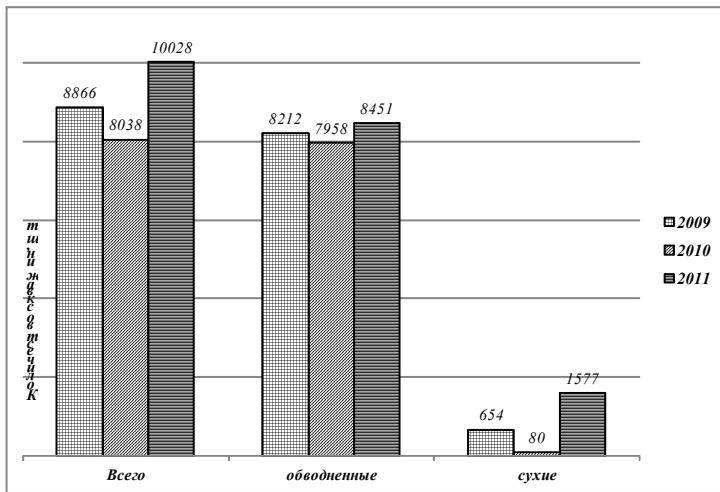


Рис. 2. Разделение взрывааемых скважин по обводненности горных пород на карьере №3 ПАО «ЦГОК»

Существенное влияние на характеристики взрывных работ оказывает обводненность скважин. Практически в карьере нет абсолютно сухих скважин. Замеры показывают от 4 до 8 м.

В целом обводненность блоков составляет до 99 %, что естественно является очень высоким показателем. Вода, находящаяся в структуре массива влияет на характер его разрушения скважин и требует использования

только водоустойчивых ВВ. Вода постоянно дренирует вниз по уступам в направлении водосборника. При пересечении блоков и трещин пробуренными скважинами, из трещин происходит вымывание мелочи, которая заливает скважину в перебуре.

Это приводит к завышению отметок горизонта и в ряде случаев к увеличению перебуров.

Основными видами ВВ которые в настоящее время применяются при производстве массовых взрывов на карьере №3 ПАО «ЦГОК» являются эмульсионные ВВ Украинит ПП-2Б, Эмонит-Н, Эмонит-Н100.

В 2009-2010 гг. при облуживании ПАО ППП «Кривбассвзрывпром» ИнГОКа и ЮГОКа используемый Украинит ПП-2Б приходилось получать для завозки на зарядку с ИнГОКа. Данная ситуация приводила к удорожанию себестоимости ведения взрывных работ.

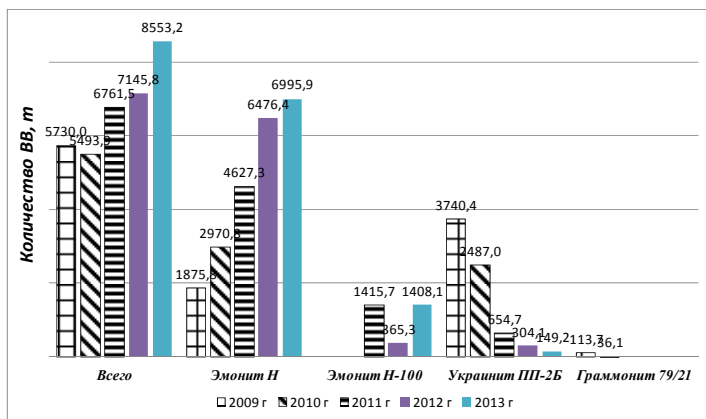


Рис. 3. График применения взрывчатых веществ на карьере №3 ПАО «ЦГОК»

Вследствие этого оказалось, что Эмониты, получаемые на СевГОКе имели стоимость ниже. В 2011 г. практически от Украинита ПП-2Б отказались.

Хорошим показателем при использовании эмульсионных ВВ и применении в качестве средств для инициирования скважинных зарядов системы «Прима-ЭРА» (волноводы), практически исчезли отказы скважинных зарядов (рис. 3)

Из используемых эмонитов, выбран был Эмонит-Н как лучший из изготавливаемых на заводе ПАО ППП «Кривбассвзрывпром».

Сложное структурно-текстурное строение горных пород месторождения крупноблочное по всем бортам карьера, которое осложнено продольными и поперечными нарушениями.

Продольные разломы разрываются поперечными, образуя крупные и мелкие трещины в блоках тектонического характера.

Продольные трещины в крупных блоках имеющие направленность в одну из сторон (северную), блок разрывается поперечным разломом, а следующий блок такой же крупности, имеет направленность трещин в противоположном направлении (южном); это характерно особенно по западному борту.

Не менее сложное строение и по восточному борту.

Что касается объемов расхода ВВ на взрывание, наиболее объективный показатель - это удельный расход кг/м^3 , равный в среднем по указанным годам $1,28 \text{ кг/м}^3$ по руде, $1,09$ по скале.

Для эффективного дробления массива горных пород необходимо в производственных условиях выдерживать плановый установленный удельный расход взрывчатых веществ.

Выводы. В настоящее время объемы взрывания горной массы на карьере №3 ПАО «ЦГОК» постоянно увеличиваются. С каждым годом происходит понижение рудных и скальных фронтов, что приводит к увеличению крепости горных пород и доли взрывания обводненных скважин, а это, в свою очередь, ведет к увеличению удельного расхода взрывчатых веществ. Для выполнения качественного дробления горной массы и рационального использования энергии взрыва при разрушении массива горных пород комбинат осуществляет постоянный контроль параметров БВР, применяет новые энергосберегающие конструкции скважинных зарядов, производит увеличение сетки скважин, уменьшает величину перебура в скважине и увеличивает высоту забойки.

Список литературы

1. Кучерявый Ф.И., Куриленко А.В. Влияния направления детонаций удлиненного заряда на характер разрушения горной породы. – Изв. вузов. Горный журнал, 1970, №6. -С.69-71.
2. Петряшин Л.Ф., Мячина Н.И. О зависимости поля напряжений и процесса разрушения от конструкции заряда и направления детонации. Взрывное дело, №62/19, М.: Недра, 1967. - С. 150-156.
3. Шекун С.Г., Бызов В.Ф., Волынец М.А. Перераспределение энергии взрыва по длине скважинного заряда. Взрывное дело, №62/19, М.: Недра, 1967. - С. 193-198.
4. Зельдович Я.Б. Теория ударных волн и введение в газодинамику. М.: АН СССР, 1946. - 186 с.
5. Баум Ф.А. и др. Физика взрыва. - М.:Изд. Наука, 1975.- 704 с.
6. Митрофанов В.В. Теория детонации.- Новосибирск, 1982. -92 с.
7. Мельников В.В., Марченко Я.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда.- М.: Недра 1964.-138 с.
8. Салганик В.А., Воротеляк Г.А., Митрофанов В.В., Филипов Н.Ф. Скважинные заряды взрывчатых веществ с осевой воздушной полостью.- К.: Техника, 1986.- 88 с.
9. Бакиров И.Т. и др. Действие удлиненных зарядов с продольными каналами// Химическая физика процессов горения взрывов. Детонация.- Черноголовка, 1977. – С. 69-72.
10. V.V. Mitrafanov., I.T. Bakirov, G.A. Voroteljak, V.A. Salganik. – Action of Charges with Axial Cavities on Rocks. Volume 75, Gasdynamics of Detonations and Explosions. Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics. New- York, 1981. -p. 314-324.

Рукопись подано до редакції 17.04.14

УДК 621.771.22:62-52

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., В.Ю. ХАРЛАМЕНКО, асистент
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБУКСОВОК РОБОЧИХ ВАЛКІВ ОБТИСКНОЇ КЛІТІ БЛЮМІНГА НА БАЗІ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ТАКАГІ-СУГЕНО

У статті вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності керування процесом обтиснення металу на блюмінгу шляхом зменшення динамічного навантаження на обтискні валки та зменшення часу обтиснення металу за рахунок визначення пробуксовок робочих валків на базі нечіткого логічного висновку. Проведено аналіз характеру динамічного навантаження на електромеханічне обладнання обтискної кліти блюмінга, в умовах односторонньої та двосторонньої пробуксовок, за результатами якого розроблено граф станів технологічних ситуацій. Для розробки методу визначення пробуксовок робочих валків обтискної кліти блюмінга використано систему нечіткого логічного висновку Такагі-Сугено. На основі формалізації дій персоналу в режимі пробуксовок розроблено нечітку базу правил, для якої висновки сформовані шляхом використання методу парних порівнянь і налаштовані адаптивною нейро-нечіткою мережею. Наведено результати моделювання запропонованого методу в умовах односторонньої пробуксовки.

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Процес гарячої прокатки на блюмінгу є дуже ресурсомістким. Основними ресурсами, що споживаються при обтисненні зливків металу на блюмінгу, є електроенергія та елементи робочих механізмів, що періодично