

Для оценки динамики оползневых процессов необходимо выполнить режимные (повторные) измерения методом естественного импульсного электромагнитного поля Земли.

Выполнение таких работ позволит создать исходную базу данных о геодинамическом состоянии массива горных пород с выделением аномальных зон и участков, оценить динамику оползневых процессов, получить первичную информацию для разработки мероприятий по предотвращению тектонических катастроф.

Рукопись поступила 11.10.2013 г.

УДК 622.235.012.3

*Т.Т.Седунова, зав. лабораторией, И.Н.Зайцев, канд. техн. наук, научный сотрудник, Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ «КНУ»
А.Н.Пыжик, канд. техн. наук доцент кафедры открытых горных работ,
К.А. Седунов, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»*

ОТИМИЗАЦИЯ ВЗРЫВНОГО ДРОБЛЕНИЯ ПЛАГИОГРАНИТОВ В УСЛОВИЯХ ШАРХИНСКОГО КАРЬЕРА

Выполнен анализ исследований взрывного дробления неоднородных массивов горных пород и разработаны параметры и методы оптимизации параметров взрывных работ для получения взорванной горной массы с заданными характеристиками

Ключевые слова: карьер, взрывные работы, параметры БВР, методы отбойки, взрывчатые вещества

Виконано аналіз досліджень вибухового подрібнення неоднорідних масивів гірничих порід і розроблені параметри та методи оптимізації параметрів вибухових робіт для отримання підірваної гірничої маси з заданими характеристиками

Кар'єр, вибухові роботи, параметри БВР, методи відбійки, вибухові роботи

The analysis researches of the blast fragmentation of heterogeneous rock masses and developed parameters and methods of the optimization parameters of the explosive works for obtaining blasted rock mass with specified characteristics.

Key words: quarry, explosive works, parameters of the drilling and explosive works, methods of the breaking off, explosive substances.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Сырьевой базой ПАО "Шарханский карьер" по производству щебня является месторождение плагиогранитов. В настоящее время на предприятии для переработки минерального сырья применяется дробильно-сортировочный комплекс, перерабатывающий фракции горной массы менее 900 мм.

Учитывая особенности горно-геологического строения месторождения, процесс взрывоподготовки горной массы к выемке на

Шархинском карьере состоит из двух стадий. Первая предусматривает разупрочнение горных пород взрывным способом до возможности эффективной погрузки в автосамосвалы. Вторая – является вспомогательной операцией по додрабливанию негабаритных фракций, образовавшихся после взрыва, методом шпуровых зарядов.

Анализ выполненных теоретических и экспериментальных исследований посвященных взрывному разрушению неоднородных массивов горных пород показывает, что такой подход является наиболее эффективным с точки зрения сохранения прочностных характеристик сырья для щебеночной продукции. Поэтому к организации процесса буро-взрывных работ предъявляются требования по минимизации выхода некондиционных фракций. Такие требования обусловлены необходимостью создания условий для эффективного использования погрузочного и горнодобывающего оборудования, а также выпуска высококачественного щебня и сбережения природных ресурсов месторождения. Поэтому решающее влияние на всех стадиях добычи и производства щебня оказывает кусковатость горной массы, в том числе интенсивность и равномерность ее дробления [1].

В данном случае важным критерием оценки эффективности ведения работ по разрушению горных пород взрывом и подготовки их к выемке является процент выхода некондиционного переизмельченного материала. Чаще всего данный показатель занимает доминирующую позицию. В связи с этим возникла необходимость проведения исследований и поиска инженерных методов решения оптимизации взрывного дробления с целью получения фракций оптимального размера.

Анализ исследований и публикаций. Процесс воздействия взрыва на горную породу многофазен. Первая фаза образуется вследствие резкого скачка давления и температуры в момент детонации заряда ВВ, генерируя при этом ударную волну, которая преодолевая сопротивление породы сжатию, приводит к ее переизмельчению и увеличению зарядной полости. Вторая фаза начинается на некотором удалении от заряда, после того как ударная волна переходит в волну напряжений формирующую развитие радиальных и тангенциальных трещин. Условия распространения таких трещин зависят от свойств ВВ и естественной трещиноватости массива.

Заключаящая стадия взрыва начинается после завершения волнового процесса, когда по имеющимся природным и вновь образованным трещинам распространяются продукты детонации, за счет давления которых, продолжается разупрочнение и отделение породы от основного массива в сторону свободной поверхности. При этом время воздействия продуктов детонации на горную породу имеет немаловажное значение при образовании сжимающих и растягивающих напряжений, от которых зависят параметры разрушения массива [2].

Постановка задачи. При выборе методов оптимизации взрывного дробления для получения взорванной горной массы с заданными характеристиками, были рассмотрены основные направления по совершенствованию управляющих параметров энергии взрыва.

В настоящее время на карьере применяются современные типы ВВ с различными добавками однако при проектировании буровзрывных работ не принимались во внимание энергетические параметры применяемых ВВ. Также необходимо было рассмотреть вопрос обоснования оптимальной глубины перебура для скважин диаметром 110 мм, поскольку его величина составляет 16% от высоты уступа и не соответствует общепринятым нормам при разработке месторождений строительных метариалов.

Актуальной задачей также было рассмотрение оптимальных конструкций скважинных зарядов. Поскольку конструкция скважинного заряда ВВ должна обеспечивать максимальное использование энергии на конкретные виды работы: необходимое качество разрушения горных пород, проработки подошвы уступа, рациональные параметры развала горной массы, минимальное вредное влияние на окружающую среду и объекты.

Изложение материала и результаты. Согласно нормам технологического проектирования горнодобывающих предприятий и ЕНиР, плагиограниты относятся к породам IV категории по трудности экскавации. По шкале профессора М.М.Протодяконова их коэффициент крепости $f = 9$.

При выполнении буровзрывных работ в условиях Шархинского карьера в обводненных массивах используются эмульсионные ВВ, при взрывании сухих массивов простые ВВ – типа гранулиты. Показатели основных характеристик этих ВВ приведены в табл. 1.

Значение сопротивления по подошве W_2 для второго и последующих рядов скважин, которое преодолевает скважинный заряд данного диаметра для достижения крупности дробления, которое обеспечивает оптимальный режим работы погрузочно-транспортного комплекса определяется по формуле:

$$W_2 = kd_3^4 \sqrt{\frac{\Delta \times Q}{f}} \text{ м,} \quad (1)$$

где k – размерный коэффициент, в данном эмпирическом выражении его значение составляет $1,05\text{м}^3/4$ (кДж) - 1,4; Δ – плотность заряжания, определяется выбранном ВВ, кг/м³; Q – теплота взрыва, кДж / кг. Величина, определенная по формуле (1) может быть СПП для зарядов первого ряда, однако в этом случае определяют также значение СПП, которое соответствует безопасным условиям работы бурового оборудования на уступе:

$$W_{\text{ТБ}} = H_y \cot \alpha + c, \text{ м,} \quad (2)$$

где H_y – высота уступа, м; α – угол откоса уступа, град.; c – минимальное безопасное расстояние от верхней бровки уступа до оси скважины, $c = 3$ м. Эти два значения сравнивают, большее из них принимают в дальнейших расчетах, обозначая его W_1 . Если $W_{ТБ}$ значительно более W_2 , могут возникнуть условия плохого дробления горных пород впереди первого ряда скважин и возникнуть завывшение подошвы уступа. Во избежание этих негативных факторов используют различные технологические приемы: формируются котловые заряды, по первому ряду бурятся спаренные скважины, бурятся наклонные скважины.

Таблица 1

Показатели основных характеристик этих ВВ

Характеристики ВВ	Гранулит ПК	Название ЕВВ		Патронированные ЕВВ			Амонит 6ЖВ
		ЕРА-АМ	ЕРА-П, Шн	ЕРА-Р1	ЕРА-Р2	ЕРА-Р3	
Теплота взрыва, МДж/кг	3,27	3,6	3,94	3,4	3,7	3,94	4,19
Плотность заряда, г/см ³	0,96	1,12	1,15	1,1	1,1	1,1	1,0
Объем газообразных продуктов взрыва, л/кг	1050	880	868	925	952	890	880
Кислородный баланс, %	-0,5+0,5	-0,5+0,5		-0,5+0,5			-0,1+0,5
Скорость детонации, км/с	3,2÷3,6	4,21÷4,6		5,0		4,1÷4,9	3,6÷4,6

Расчет основных параметров буровзрывных работ выполнялся в соответствии с методикой, разработанной профессором ГВУЗ «Криворожский национальный университет» Шапуриным А.В.

Оптимальные значения удельных расходов ВВ наиболее точно определяются экспериментально. Относительное значение удельных затрат взрывчатых веществ может быть определено по формуле:

$$q = 12 \sqrt[4]{\frac{f^3 \Delta}{Q^3}}, \text{ кг/м}^3, \quad (3)$$

где $12 \text{ кДж}^{0,75} / \text{м}^{2,25}$ – эмперический и размерный коэффициент.

Длина перебура зависит от многих факторов: высоты уступа, коэффициента крепости пород, диаметра заряда, работоспособности взрывчатых используемых веществ и др..

В общем случае длину перебура можно определить используя выражение:

$$l_{\text{пер.}} = 0,15H_y + 0,1f - 0,5d_3, \text{ м.} \quad (4)$$

Практика показывает, что использование перебура глубиной более 3,0м неэффективно, так как это не приводит к значительному улучшения качества проработки подошвы уступа, но существенно нарушает массив в месте расположения скважин. Исходя из этого, длину перебура следует принимать менее 3,0м, а обычно 1,5÷2,5м.

Известные глубина и диаметр скважин позволяют определить величину заряда в ней, но для этого нужно знать емкость 1 метра скважины. Последний параметр определяется по формуле:

$$P = \frac{\pi d_3^2}{4} \Delta, \text{ кг.} \quad (5)$$

Длина забойки скважины, как и перебур - функция большого количества величин. Она уменьшается с уменьшением диаметра заряда, согласно этому ее часто приводят в диаметрах заряда. Кроме этого на ее величину влияет крепость пород, с повышением которой длина забойки уменьшается. Длина забойки скважины определяется как разница между глубиной скважины и длиной заряда:

$$l_{\text{наб}} = l_{\text{св}} - \frac{W_2^2 \times H_y \times q}{P}, \text{ м.} \quad (6)$$

Расчеты, сделанные по формулам (1)-(6) позволяют определить расстояния между скважинами в первом ряду a_1 , удовлетворяющее двум условиям: достаточности заряда для качественного измельчения пород первого ряда и размещения заряда в скважинах данного диаметра:

$$a_1 = \frac{(l_c - l_{\text{наб}}) \times P}{W_1 \times H_y \times q}, \text{ м.} \quad (7)$$

Полученное значение сравнивается со значением линии сопротивления по подошве скважин для первого ряда W_1 , т.е. определяется коэффициент сближения зарядов в первом ряду:

$$m_1 = \frac{a_1}{W_1}. \quad (8)$$

Если $m_1 \geq 0,65$, то диспропорция между СПП для зарядов первого ряда и расстояние между ними незначительное и позволяет успешно преодолеть рассчитанное значение сопротивления по подошве без

использования дополнительных технологических приемов. Если коэффициент сближения зарядов незначительно меньше 0,65 (например $m_1 = 0,60$), можно уменьшить длину забойки для скважин первого ряда по сравнению со скважинами следующих рядов на $1 \div 1,5$ м. В этом случае увеличится заряд в скважинах первого ряда, который качественно разрушит горный массив.

Более эффективный метод увеличения коэффициента сближения зарядов – использование спаренных скважин в первом ряду, которые работают при взрыве как одна скважина большого диаметра. Расстояние между спаренными скважинами определяется по формуле:

$$a_{1 \text{ сп}} = \frac{(l_c - l_{\text{наб}}) \times 2P}{W_1 \times H_y \times q}, \text{ м.} \quad (9)$$

В этом случае также следует сравнить значения коэффициента сближения спаренных зарядов с допустимым (0,65). Используя приведенный алгоритм расчета параметров БВР и характеристики взрывчатых веществ в табл. 1, были рассчитаны значения основных параметров буровзрывного комплекса с учетом физико-механических свойств пород, разрабатываемых ПАО «Шархинский карьер».

Полученные результаты приведены в табл. 2.

Выводы и направления дальнейших исследований. На основании анализа результатов теоретических и практических исследований, выполненных специалистами в области буровзрывных работ, досконального изучения условий, технологии и средств проведения процесса измельчения горных пород взрывом в Шархинском карьере, были разработаны следующие рекомендации.

Для уменьшения переизмельчения горных пород энергией взрыва при ведении буровзрывных работ следует выбирать взрывчатые вещества с низким уровнем бризантности.

Для условий Шархинского карьера при взрывании плагиогранитив, учитывая их физико-механические свойства, наиболее целесообразно в качестве ВВ использовать простое взрывчатое вещество Гранулит ПК.

Его скорость детонации в среднем в $1,3 \div 1,5$ раза меньше чем в используемых эмульсионных ВВ. Это позволит, соответственно, уменьшить бризантное действие скважинного заряда в среднем в два раза. При взрывании обводненного массива следует использовать технологию зарядки в полиэтиленовые рукава.

Таблица 2

Результаты расчетов значений основных параметров буровзрывного комплекса с учетом физико-механических свойств пород, разрабатываемых ПАО «Шархинский карьер»

Параметры	Ед. измерения	Взрывчатые вещества					
		Гранулит ПК	ЕРА-АМ	ЕРА-П, ПИИ	ЕРА-Р1	ЕРА-Р2	ЕРА-Р3
Теплота взрыва	кДж/кг	3270	3600	3940	3400	3700	3940
Плотность ВР	кг/м ³	960	1120	1150	1100	1100	1100
Расстояние между скважинами второго и последующих рядов (а)	м	2,8	3,0	3,1	2,9	3,0	3,1
Расстояние между рядами скважин (б)	м	2,8	3,0	3,1	2,9	3,0	3,1
ЛСПП (угол откоса уступа 65°÷70°)	м	4,5÷5,5	4,5÷5,5	4,5÷5,5	4,5÷5,5	4,5÷5,5	4,5÷5,5
W _{ТВ}	м	6,5÷7,5	6,5÷7,5	6,5÷7,5	6,5÷7,5	6,5÷7,5	6,5÷7,5
Удельные расходы ВР	кг/м ³	0,80	0,78	0,73	0,81	0,76	0,72
Длина перебура	м	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
Вместимость ВР в 1м скважины	кг	9,12	10,64	10,93	10,45	10,45	10,45
Длина забойки	м	6,2	6,6	7,2	6,7	7,2	6,9
Расстояние между скважинами 1-го ряда	м	2,5	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7
Масса скважинного заряда	кг	75,24	83,52	79024	80,00	75,76	78,90

С целью снижения пиковых нагрузок на горный массив энергией взрыва скважинного заряда, последний следует формировать рассредоточенным. Этот общеизвестный технологический прием снизит величину импульса напряжений, однако повысит время действия газообразных продуктов детонации на горный массив.

Следует отметить, что приведенные параметры буровзрывных работ рассчитаны на основании энергетических свойств взрывчатых веществ и физико-механических свойств пород. Они носят предварительный характер и нуждаются в доказательных испытаниях относительно конкретным горно-геологическим условиям.

Список использованных источников

1. Отчет НИГРИ ГВУЗ «КНУ» «Дослідження параметрів БВР на Шархінському кар'єрі з метою забезпечення безпечного рівня сейсмовибухового впливу на навколишнє середовище», м.Кривий Ріг. 2013 р.

2. Отчет НКАУ ГП «НП «Объединение Павлоградский химический завод», г. Павлоград, 2011. – 20 с.

Рукопись поступила 29.09.2013 г.

УДК 622.258.004.58

*Л.А. Штанько, канд. техн. наук, с.н.с., заместитель директора,
В.И. Чепурной, зав. лабораторией, С.И. Ляш, старший научный сотрудник,
Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ «КНУ»*

ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

Приведені основні методичні положення комплексного обстеження технічного стану вертикальних шахтних стволів.

Ключові слова: органолептичний огляд, корозійний ізнос, елементи армування, вимірювальне обладнання, методика проведення вимірів.

Приведены основные методические положения комплексного обследования технического состояния вертикальных шахтных стволов.

Ключевые слова: органолептический осмотр, коррозионный износ, элементы армировки, измерительное оборудование, методика проведения измерений.

Presented the main methodological regulations of complex examination the technical condition of vertical shafts.

Keywords: organoleptic inspection, corrosive wear, reinforcement elements, measuring equipment, methods of measurement.

Актуальность работы. Длительный опыт эксплуатации вертикальных шахтных стволов показывает, что техническое состояние вертикальных