

УДК 622.235

В.В. Перегудов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ РАСКОНСЕРВАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Предложена и апробирована методика расчета основных параметров БВР для использования скважинных зарядов различной пространственной ориентации с учётом возможностей имеющегося бурового оборудования, позволяющая оценивать объем породы, приходящийся на каждую скважину в зависимости от ее расположения в массиве. Разработаны способы ведения БВР с использованием дополнительных горизонтальных и наклонных скважин со стороны откоса уступа, обеспечивающие эффективное взрывное воздействие в наиболее трудно разрушаемой части объема массива.

Ключевые слова: буровзрывные работы, борт карьера, взрываемые блоки, зарядка скважин, вертикальные скважины, горизонтальные скважины.

Семинар № 16**V.V. Peregudov**

TECHNOLOGICAL METHODS OF DRILLING AND BLASTING WORKS DURING THE DEPRESERVATION OF THE LOCAL AREAS OF THE OPEN- CUT PIT BENCHES

A new method of calculation of the main parameters of the drilling and the blasting works is proposed and tested. The method is designed for the borehole charges of different dimensional orientations with the regard to the capacities of the drilling devices and allows to estimate the volumes of the rock mass for each borehole depending on its location. The drilling and blasting methods with additional horizontal and slanted boreholes are developed. The methods provide effective explosion load on the most firm part of the rock mass.

Key words: drilling and blasting works, open-cut pit bench, borehole charging, vertical boreholes, horizontal boreholes

Одной из основных характерных особенностей современного состояния горных работ в крупных железорудных карьерах Украины является вовлечение в отработку участков карьерных полей, выведенных ранее на проектные контуры в соответствии с этапами разработки. Это обусловлено, в первую

очередь, отставанием вскрышных работ и необходимостью поддержания производственных мощностей по руде. Такая картина характерна практически для всех глубоких карьеров Криворожского железорудного бассейна, в наибольшей степени проявляясь в карьере №1 ЦГОКа. Уменьшение объемов вскрышных работ привело также к сдавливанию и сужению уступов, сокращению размеров рабочих площадок, что предопределило необходимость выбора рациональных технологических решений при ведении буровзрывных работ в указанных условиях [1].

Анализ горнотехнических условий ведения БВР в карьере №1 ЦГОКа с учетом проектных решений по его углубке позволил установить следующее. Отработка карьера производится уступами различной высоты, изменение высоты уступов имеет место даже в пределах одного блока, что вызывает необходимость "гибкой" корректировки расчета параметров БВР.

Около половины рабочих площадок имеют ширину меньше проект-

ной, что создает трудности как при обуривании блоков (невозможность обеспечить инструктивные требования по размещению последнего ряда скважин не ближе 2/3 высоты вышележащего уступа), так и при их взрывании [2]. Помимо технологических трудностей (неудобства при работе бурowego оборудования, заряжании и коммутации взрывной сети), уменьшение ширины рабочих площадок до 20-30 м и потеря в связи с этим преимуществ традиционных схем многорядного короткозамедленного взрывания требует разработки эффективных режимов взаимодействия скважинных зарядов, что можно обеспечить применением незелектрических систем средств взрыва "Нонель".

Отработка центральной части карьерного поля (м/о 150-250) обуславливает уменьшение расстояний от взрываемых блоков до охраняемых объектов (опускной колодец с дробилками, конвейерные галереи), что вызывает необходимость в совершенствовании мероприятий по снижению сейсмического воздействия. Углубка конвейерного тракта, предусмотренная проектом реконструкции карьера, ставит новые требования как к этому показателю, так и к разлету кусков породы при взрыве.

Для выработки рациональных технологических решений по расконсервации локальных участков борта с постановкой на конечный контур был выбран опытный участок по западному борту карьера, протяженностью 216 м и высотой 24-25 м (м/о 204-222, гор. -122 -146 м) со стороны висячего бока, представленный непокисленными кварцитами четвертого железистого горизонта Саксаганской свиты. В геологическом отношении блок №11 представлен карбонатно-силикатно-магнетитовыми кварцитами S_x^{4f} с прослойями малорудных марито-

вых кварцитов мощностью до 6 м и сланцев – до 2-3 м. Породы крепкие, трещиноватые. Категория XIV-XV, коэффициент крепости по шкале Протольякона $f = 12-14$, плотность 3,3.

Отличительными от обычных условий особенностями ведения работ на данном блоке были: ограниченная ширина рабочей площадки $B = 17-22$ м под уступом увеличенной высоты ($H = 27-28$ м); наличие участков с различными углами откоса отрабатываемого уступа (ЛСПП $W=17-22$ м); отсутствие "подхода" по промежуточной отметке -134 м; расположение в непосредственной близости охраняемых объектов подземных и наземных сооружений концентрационного горизонта комплекса ЦПТ ($L = 94-106$ м); наличие подпорной стенки в северной части блока.

Комплекс мероприятий по безопасному выполнению буровзрывных работ на блоке №11 гор. -146 м (м/о 204-222) предусматривал:

- расчет параметров БВР производился с учетом рекомендаций по сейсмобезопасности и разлету кусков при взрывании вблизи охраняемых объектов; при этом одновременно взрываемая масса группы зарядов определялась с учетом допустимой в одной ступени замедления в зависимости от удаления объекта (штолни и концентрационного горизонта);
- до бурения и заряжания блока производилась оборка борта по гор. -122 м от нависей с отсыпкой улавливающего вала;
- на площадке гор. -122 м (в по-перечном направлении) были очищены скважины экранирующего ряда для снижения сейсмического воздействия на опоры мостового крана;
- зарядка скважин первого ряда, находящихся вне призмы сползания и выбуренных ближе 3 м от верхней бровки, производилась вручную;

Гранулометрический состав взорванной горной массы

Процентный выход фракций, мм					Размер среднего куска, мм
0-200	201-300	301-400	401-500	+500	
68,3	14,2	7,7	5,8	4,0	187,4

- для уменьшения разлета кусков забойка скважин была не менее 7 м;
- забойка скважин, выбранных в непосредственной близости от нижней бровки, производилась с оставлением свободной части скважины для размещения концов ДШ; устья этих скважин перекрывались мешкотарой;
- магистральные нити ДШ, дублирующие основную сеть, размещались внутри блока;
- коммутация взрывной сети производилась порядно с началом инициирования от охраняемого объекта с северной стороны блока.

При расчете параметров БВР величины как отдельных зарядов, так и масса ВВ на одну ступень замедления были скорректированы в сторону уменьшения от приведенных в типовом проекте БВР [3].

Блок по первому ряду был обурен чередующимися наклонными скважинами под углом 60° и 75°. Расстояние между скважинами в ряду составило 3 м. Длина зарядов в зависимости от ЛСПП для скважин под углом 60° изменялась от 13,5 до 15 м, а для скважин под углом 75° – от 17 до 19 м. По второму ряду были пробурены вертикальные скважины через 6 м, расстояние между рядами составило 3 м, длина зарядов – 16 м.

Усредненные результаты замеров гранулометрического состава приведены в таблице.

Данные таблицы свидетельствуют о высоком качестве дробления пород на рассматриваемом участке. Достаточно равномерная степень дробления, отсутствие негабарита, незначительный выход фракций +500 мм

способствовали высокой производительности экскавации взорванной горной массы.

Для оценки раз渲ала была выполнена тахеометрическая съемка поверхности взорванной горной массы. Анализ ее результатов показал, что ширина раз渲ала на участке с высотой уступа 24 м при подобранном забое составила 50-55 м. Характерные разрезы позволили выделить отличительные особенности формы раз渲ала при взрывании в рассматриваемых условиях. Отсутствует “шапка взрыва”, уровень поверхности раз渲ала на 5-11 м ниже отметки горизонта. Практически по всей протяженности блока имеет место понижение поверхности в районе расположения взрывных скважин. Выраженный отрыв от тыльной поверхности блока создает предпосылки для четкого оформления образованной поверхности откоса.

Основным результатом произведенного опытного взрыва блока №11 явились подтверждение возможности достаточно эффективного ведения буро-взрывных работ в стесненных условиях локальных участков бортов карьера №1 ЦГОКа. Выполнение приведенных мероприятий обеспечило безопасное проведение БВР на блоке.

В указанных условиях достижение заданной степени дробления пород, управление раз渲alom и снижение сейсмического действия на охраняемые объекты может быть достигнуто с помощью направленного на заданный объем разрушения в определенный интервал времени воздействия взрыва [4]. С учетом реальных возможностей имеющегося бурового оборудования

целесообразно использование скважинных зарядов с отличающимися углами наклона (60° и 75°) и глубиной. При расчете таких скважинных зарядов необходимо учитывать геометрию уступа и скважины [5].

Разработанная методика расчета позволяет учитывать объем породы, приходящийся на каждую скважину в зависимости от ее расположения в массиве. Анализ показывает, что есть резерв в использовании второго ряда наклонных скважин под углом 75° . Фактически при данном взрыве устья наклонных скважин первого и второго рядов находились на одной линии. Удаление от первого ряда обеспечит увеличение выхода горной массы и снижение удельного расхода.

При проведении опытного взрыва блока №11 применялась наиболее широко распространенная диагональная схема взрываания с фланговым врубом. Такие схемы обладают простотой и при отбойке на подобранный забой уступа позволяют в определенной степени управлять шириной развода взорванной горной массы, которая с углом ориентировки фронта отбойки α связана зависимостью

$$B = B_1 \sin \alpha, \text{ м,}$$

где B_1 – ширина развода при порядном взрывании на подобранный забой, м.

Недостатком таких схем является то, что группы зарядов взрываются на фланговый вруб последовательно одна за другой, как при порядном взрывании. При этом основное разрушающее действие взрыва направляется под определенным углом к верхней бровке в сторону вруба, вследствие чего недостаточно используются преимущества многорядного короткозамедленного взрывания. Достигнутое в нашем случае качество дробления было обеспечено уменьшением сетки скважин. Кроме того, такая последовательность взрывания не позволяет

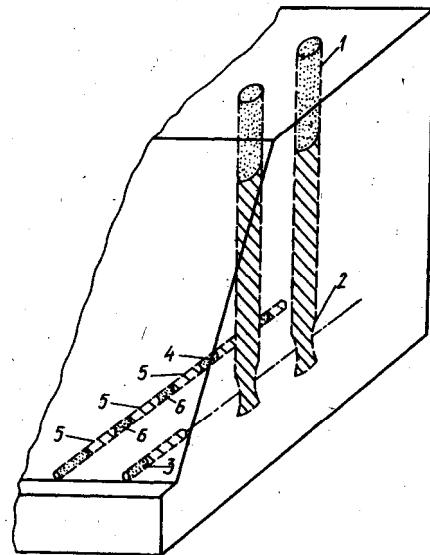


Рис. 1. Схема способа ведения БВР с использованием дополнительных горизонтальных скважин

управлять высотой развода, о чем наглядно свидетельствует разрез на рис. 5.2. Поэтому целесообразно в данных условиях комбинации врубовых и отбойных скважинных зарядов с использованием неэлектрических систем средств взрывания. Для повышения эффективности разрушения горных пород в рассмотренных условиях разработан способ [6], схема реализации которого представлена на рис. 1.

При его осуществлении вертикальные скважины 1 бурят в пределах взрываемого блока (с учетом ограниченных размеров рабочих площадок обычно в два ряда). Формирование зарядов ВВ производится с образованием кумулятивных выемок 2 на уровне подошвы уступа, в плоскости которой пробуриваются горизонтальные скважины 3 и 4. Скважины 3 располагают вдоль линии сопротивления по подошве уступа, но они не пересекают вертикальные скважины.

Горизонтальные скважины 4 бурят на всю глубину отбиваемого блока

между скважинами 3. В скважинах 3 формируют сплошной заряд ВВ, а в скважинах 4 - рассредоточенный заряд. Длину части рассредоточенного заряда ВВ 5 принимают равной 6-8 диаметрам скважины 4, а длину инертного промежутка 6 - 2-4 диаметрам, что при диаметре горизонтальных скважин 100 мм составляет соответственно 0,6-0,8 и 0,2-0,4 м.

Схема коммутации взрывной сети должна обеспечить первоначальное взрывание зарядов в вертикальных скважинах 1 и горизонтальной скважине 3, лежащей в плоскости расположения вертикальных скважин. За счет кумулятивной выемки в нижней части зарядов вертикальных скважин и заряда горизонтальной скважины 3 обеспечивается их направленное действие в плоскости подошвы уступа. В то же время заряд горизонтальной скважины создает условия для качественного разрушения части массива, примыкающей к фронтальной части откоса уступа.

Затем с интервалом замедления производится взрывание зарядов 5 в горизонтальных скважинах 4. Они обеспечивают продолжение развития плоскости отрыва по подошве уступа и дополнительное взрывное воздействие в наиболее трудно разрушающейся части объема массива, удаленной от свободных поверхностей и эпицентров взрыва основных зарядов вертикальных скважин большого диаметра.

Бурение горизонтальных скважин в плоскости подошвы уступа и их заряжение сопряжено с определенными трудностями и дополнительными затратами на предварительную зачистку и подготовку мест забуривания. Кроме того, заряды в горизонтальных скважинах оказывают дополнительное разрушающее действие на массив нижележащего уступа. Для исключения этих негативных факторов разра-

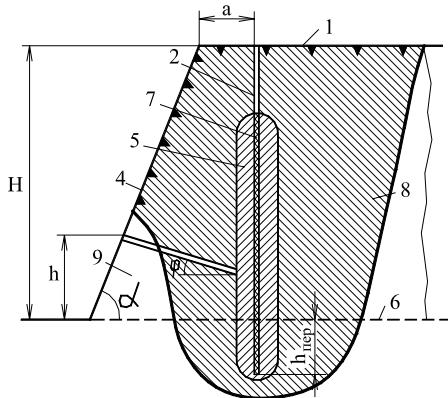


Рис. 2. Схема способа ведения БВР с использованием дополнительных наклонных скважин

ботан способ [7], схема осуществления которого приведена на рис. 2.

Способ предусматривает бурение с дневной поверхности 1 ряда вертикальных скважин 2 и сближенных наклонных со стороны откоса уступа 4 скважин 3 под определенным углом к горизонту до зоны интенсивного разрушения 5. Устья наклонных скважин располагают от плоскости подошвы уступа 6 на заданном расстоянии, определенном по результатам экспериментов.

Взрывание производится в следующей последовательности. Вначале взрывают заряды в наклонных скважинах, а затем - в вертикальных скважинах по применяемой схеме коммутации.

Предварительное взрывание зарядов сближенных наклонных скважин обеспечивает формирование плоскости щелеобразования, совпадающей с плоскостью расположения этих скважин. При взрывании зарядов 7 вертикальных скважин формируется зона возможного разрушения 8. Эффективное разрушение части массива 9, примыкающей к откосу уступа, обеспечивается за счет влияния образованной плоскости щелеобразования, которая способствует перераспределению

нию энергии взрыва зарядов первого от бровки уступа ряда в заданную область. При одновременном взрыве удлиненных зарядов ВВ происходит взаимодействие их полей напряжений, как правило, опережающий раскол массива по плоскости расположения зарядов и разрушение основного отбиваемого объема породы под действием квазиплоской взрывной волны [8]. Учет этих особенностей позволил предложить такой способ взрывной отбойки.

Для определения параметров наклонных скважин в полигонных условиях были проведены экспериментальные взрывы. Блоки, имитирующие породы с коэффициентом крепости $f=8-18$ имели размеры 120x100x300 мм с углами откоса 45-80° с шагом 5°. В образцах просверливались по два вертикальных отверстия диаметром 4 мм, длиной 150-250 мм с шагом 10 мм. Устья вертикальных отверстий располагались на расстоянии 35 мм от верхней бровки имитированного уступа. В опытных образцах сверлили наклонные отверстия диаметром 3 мм на расстоянии от подошвы уступа 30-100 мм с шагом 10 мм, под углом к горизонту 20-60° с шагом 5°. Расстояние между устьями наклонных скважин принимали равным 20 мм. Наклонные отверстия сверлились с "недобуром" до плоскости расположения вертикальных отверстий, равным 8-10 радиусам заряда вертикальных скважин. В отверстиях формировался заряд из флегматизированного тэнна. Взрывание производилось электрическим способом, направление инициирования нижнее, от забоя отверстий. Заряды наклонных отверстий взрывались одновременно, затем последовательно заряды вертикальных. Количество экспериментов определялось по критерию Стьюдента.

После разрушения каждого блока оценивались размер фракций, прора-

ботка подошвы и определялись зависимости угла наклона φ и высоты устья наклонных отверстий h от следующих факторов: высоты уступа H , угла откоса α , коэффициента крепости f , величины перебора h_{nep} . Методом математической статистики при помощи регрессионного анализа на основе экспериментов получены выражения, в которых использованы коэффициенты пропорциональности:

$$\varphi = \arcsin \left(0,22 \cdot \ln \frac{\sqrt{f}}{\cos \alpha} \right);$$

$$h = \frac{H}{2\sqrt{3}} - h_{nep} + 1,6 \ln(f) \cdot \cos \alpha .$$

Порядок расчета параметров по приведенным зависимостям проиллюстрируем на примере. Подлежащий взрыванию блок представлен массивом горных пород с коэффициентом крепости $f=16$. По паспорту буровзрывных работ блок был обурен скважинами диаметром 0,25 м и глубиной 18 м по сетке 6x6 м. Величина перебора равна 3 м, высота уступа на блоке 15 м, угол откоса уступа $\alpha=60^\circ$. Из приведенных выражений угол $\varphi=27^\circ$ и расстояние $h=3,5$ м. Длина наклонных скважин L определяется исходя из геометрических параметров (рис. 2).

$$L = \frac{(H-h)\operatorname{ctg}\alpha + a - (8-10)R_{cwb}}{\cos \varphi},$$

где a - расстояние от верхней бровки уступа до устья вертикальной скважины первого ряда; R_{cwb} - радиус заряда вертикальных скважин.

Выбор величины $(8-10)R_{cwb}$ обоснован радиусом зоны интенсивного разрушения [9]. Для приведенного примера $L=12$ м. При опытной проверке способа для бурения наклонных скважин использовались станки ПБ4-80, заряжение осуществлялось с помощью пневмозарядчика ЗП-5. Эта

техника предназначена для подземных горных работ, что снижает производительность, особенно при бурении. Применение современных буровых станков зарубежных фирм-производителей горного оборудования обеспечивает эффективную реализацию разработанных способов.

Таким образом, вовлечение в отработку участков карьерных полей, выведенных ранее на проектные контуры в соответствии с этапами разработки, в сложных горнотехнических условиях глубоких горизонтов железорудных карьеров требует обоснования и выбора рациональных технологических решений по ведению бу-

ровзрывных работ. Предложена и апробирована методика расчета основных параметров БВР для использования скважинных зарядов различной пространственной ориентации с учетом возможностей имеющегося бурового оборудования, позволяющая оценивать объем породы, приходящийся на каждую скважину в зависимости от ее расположения в массиве. Разработаны способы ведения БВР с использованием дополнительных горизонтальных и наклонных скважин со стороны откоса уступа, обеспечивающие эффективное взрывное воздействие в наиболее трудно разрушающей части объема массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перегудов В.В., Колтунов О.В. Технологические особенности ведения буровзрывных работ при расконсервации локальных участков бортов карьера // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. научно-техн. сб. – Кривой Рог: Изд-во КТУ, - 2000. - Вып. 73. - С. 3-8.
2. Перегудов В.В. Рациональные схемы расположения взрывных скважин в первом ряду // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. научно-техн. сб. - К. - Техника, 1988. - Вып.45. - С. 34-37
3. Перегудов В.В. Условия обеспечения рационального использования скважинных зарядов с различными взрывными характеристиками // Разработка рудных месторождений: Научно-техн. сб. – Кривой Рог: Изд-во КТУ.- 2001. - Вып. 74. - С. 24 -28.
4. Перегудов В.В., Слободянюк В.К., Бешевец В.В. Снижение воздействия на конкавный массив при производстве массовых взрывов в карьерах // Разработка рудных месторождений: Научно-техн. сб. – Кривой Рог: Изд-во КТУ. - 2001. - Вып. 75. - С. 11-14.
5. Перегудов В.В., Бешевец В.В., Воротников В.А. Влияние пространственной ориентации скважинных зарядов на их взаимодействие при уступной отбойке // Разработка рудных месторождений: Научно-техн. сб. – Кривой Рог: Изд-во КТУ. - 2001. - Вып. 77. - С. 19-23.
6. А.с. 1487576 СССР МКИ⁴ Е 21C 37/00. Способ отбойки горных пород / Федоренко П.И., Шерба В.П., Перегудов В.В., Комашенко В.И. № 4303435/23-03; заявлено 7.09.87; опубл. 1989.
7. А.с. 1547477 СССР МКИ⁴ F 42D 3/04. Способ ведения буровзрывных работ при отработке уступов горных пород / Федоренко П.И., Шерба В.П., Перегудов В.В., Комашенко В.И., Дымченко О.В. № 4456596/23-03; заявлено 21.01.89; опубл. 1990.
8. Перегудов В.В., Жуков С.А. Теоретические предпосылки и методы ведения БВР в сложных условиях глубоких карьеров. - Кривой Рог: Издательский дом, 2002. - 163 с.
9. Перегудов В.В. Обоснование выбора рационального расстояния между сближенными скважинами при уступной отбойке // Физико-технические проблемы горного производства: Сб. научн. трудов. – Донецк: ООО «Лебедь». – 2001. – Вып. 3. – С. 109-114. ГИАБ

Коротко об авторе

Перегудов В.В. – профессор, доктор технических наук, директор горнорудного института, Криворожский технический университет, ktu@alba.dp.ua