

6
А-62

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ИНСТИТУТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

На правах рукописи

Горный инженер В.И. ДОРОШЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ
ДИАМЕТРОВ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ КРЕПКИХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ
РОГОВИКОВ

(Диссертация написана на русском языке)

Специальность 05.312. "Открытая разработка и
эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск

1971

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ИНСТИТУТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

На правах рукописи

Горный инженер В.И. ДОРОШЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ
СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРЕПКИХ
ЖЕЛЕЗИСТЫХ РОГОВИКОВ

(Диссертация написана на русском языке)

Специальность 05.312. "Открытая разработка и
эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск

1971

Центральная научная библиотека

622.271

AG2

Работа выполнена в Институте геотехнической механики АН УССР. Производственные эксперименты и работы по внедрению проведены на карьере ЮГОКа.

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор М.Ф. ДРУКОВАНЬИ

кандидат технических наук, старший научный сотрудник И.Н. УСИК

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Б.Н. КУТУЗОВ

кандидат технических наук, доцент Н.И. ЛЯХОВ

Ведущее предприятие - трест "Кривбассвзрывпром"

Автореферат разослан "14" ноября 1971 г.

Защита состоится "6 декабря" 1971 г.

на заседании Ученого совета Института геотехнической механики АН УССР (г. Днепропетровск, 5, ул. Симферопольская, 2, а)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзыв просим выслать в 2-х экземплярах, заверенных печатью организации.

Ученый секретарь Совета,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

(Э.И. ЕФРЕМОВ)

В В Е Д Е Н И Е

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану предусмотрено дальнейшее развитие черной металлургии страны, что требует увеличения объемов производства и повышения качества железной руды. Основным направлением в решении поставленной задачи является расширение масштабов и совершенствование технологии переработки бедных железных руд, добываемых открытым способом.

Опыт работы железорудных карьеров Кривбасса показывает, что при разработке железистых роговиков высокой крепости повышение экономической эффективности и интенсивности горных работ может быть достигнуто путем внедрения высокопроизводительных буровых станков и прогрессивных методов взрывания, позволяющих решить проблему получения заданной кусковатости взорванной горной массы. Последнее является необходимым условием для применения погрузочно-транспортного оборудования непрерывного действия на скальных породах.

В свете вышеизложенного совершенствование буровзрывных работ является актуальной и весьма важной задачей. Главным в ее решении является изыскание методов и средств, обеспечивающих снижение затрат по буровзрывному циклу при одновременном повышении интенсивности дробления пород энергией взрыва.

Одним из направлений повышения эффективности буровзрывных работ является выбор рационального диаметра скважин, величина которого предопределяет производительность буровых станков, геометрические параметры буровзрывных работ оказывают существенное влияние на их стоимость и качество дробления пород.

Проведенный анализ показывает, что в настоящее время в условиях железорудных карьеров Кривбасса недостаточно исполь-

вуются возможности оптимизации затрат на буровзрывные работы за счет выбора рационального диаметра скважинных зарядов, особенно при разработке весьма крепких железистых роговиков.

В диссертационной работе исследованы методы повышения показателей станков шарошечного и огневого бурения, рассмотрено влияние диаметра скважинных зарядов на эффективность буровзрывных работ и качество дробления железистых роговиков высокой крепости.

При решении поставленных задач использован накопленный опыт работы крупных карьеров, достижения науки и техники в области горнорудного производства и результаты исследований автора, проведенные в течение ряда лет.

Основной объем исследований выполнен в производственных условиях на карьере ЮГОКа, лабораторные эксперименты выполнены с использованием современных методов исследований в отделе механики взрыва Института геотехнической механики АН УССР.

Диссертационная работа объемом 167 страниц машинописного текста состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 39 таблиц, 31 рисунок и список использованной литературы.

Глава I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Являясь начальным звеном в общем технологическом комплексе, буровзрывные работы оказывают решающее влияние на эффективность всех последующих процессов, связанных с добычей и переработкой железистых роговиков. При этом качество их взрывного дробления является определяющим фактором.

За последние 15 лет в области буровзрывных работ на карьерах достигнут значительный прогресс. Этому в большой мере способствовали работы ряда советских ученых: Н.В.Мельникова, Л.Н.Марченко, Г.П.Демидюка, Г.И.Покровского, Г.М.Китаца, А.Н.Ханукаева, М.Ф.Друкованого, Ф.И.Кучерявого, Б.Н.Кутузова, А.Ф.Суханова, Д.М.Бронникова, А.П.Дмитриева, А.В.Ягупова, Ю.И.Анистратова и других, творческий поиск многих инженеров и техников горнодобывающей промышленности, работников научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов.

Однако возможности дальнейшего совершенствования буровзрывных работ еще не исчерпаны.

Проведенные исследования показывают, что одним из параметров, влияющих на производительность бурового оборудования и качество дробления горных пород взрывом, является диаметр скважин. Изучение опыта отечественной и зарубежной практики позволяет сделать вывод, что объемная производительность буровых станков с увеличением диаметра скважин возрастает, а стоимость бурения уменьшается.

В отношении влияния диаметра скважинных зарядов на качество дробления горных пород имеются противоречивые данные. Последнее объясняется главным образом различием физико-механических свойств горных пород, их строением и особенностями других условий, в которых применялись скважинные заряды определенного диаметра. При этом следует также отметить, что авторы ряда работ при рассмотрении данного вопроса ограничивались отдельным технологическим процессом.

Таким образом, проведенный анализ литературных источников показывает, что не всегда вопросы бурения, взрывной отбойки горных пород и экскавации рассматривались в комплексе при одновременном изменении в широком диапазоне диаметра скважин. Недостаточно изучен также вопрос взаимосвязи показателей буровых станков и параметров взрывных работ, что имеет существенное значение при выборе оптимального диаметра скважинных зарядов.

В настоящей работе выводы основаны на результатах исследований, проведенных при изменении диаметра скважин от 220 до 420 мм, пробуренных станками огневого и шарошечного бурения в крепких и весьма крепких магнетитовых железистых роговиках.

Целью диссертационной работы является установление оптимального значения диаметра скважинных зарядов при буровзрывных работах в условиях железорудных карьеров Кривбасса, что достигается решением следующих основных задач:

I. Установлением зависимости показателей работы станков шарошечного и огневого бурения от величины диаметра скважин.

2. Исследованием и выбором эффективных методов расширения диаметра скважин при огневом бурении.

3. Определением влияния величины диаметра заряда на качество дробления горных пород.

Эти задачи решались с применением комплексного метода исследований, включающего в себя анализ литературных источников и данных практики, метод лабораторного и производственного эксперимента, технико-экономического анализа, графо-аналитический, натуральных наблюдений и др.

Глава II. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ В КРЕПКИХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ РОГОВИКАХ

Оптимальные параметры буровзрывных работ в значительной мере предопределяются эффективностью буровых работ, затраты на которые должны быть оптимальными или близкими к ним. Поэтому установлению оптимальных параметров должно предшествовать исследование влияния различных факторов на эффективность буровых станков. Последнее особенно необходимо тогда, когда применяются различные способы бурения или типы буровых станков. Это относится прежде всего к железорудным карьерам Кривбасса, где бурение взрывных скважин осуществляется станками шарошечного и огневого бурения (СБШ-250, СБШ-320, БСШ-1м и СБО-160/20)

Характерной особенностью шарошечного бурения является то, что с повышением крепости и абразивности горных пород механическая скорость бурения и стойкость долот уменьшаются.

При постоянстве свойств горных пород и при прочих идентичных условиях на эффективность шарошечного бурения решающее влияние оказывают параметры режимов бурения: осевая нагрузка на долото, скорость его вращения, расход продувочного агента.

Методикой исследований предусматривалось экспериментальное бурение станками СБШ-250 в горных породах различных свойств на стандартном и заданных режимах. Параметрами стандартного режима приняты: удельная нагрузка на забой скважины, равная 43 кг/см^2 , скорость вращения долота - 81 об/мин , расход скатого воздуха - $18 \text{ м}^3/\text{мин}$. При бурении на заданных ре-

жимах удельная нагрузка на забой скважины изменялась ступенями с интервалом изменения ее $5,4 \text{ кг/см}^2$; остальные параметры были постоянными.

В результате этих исследований была разработана и внедрена на карьере ЮГОКа технологическая карта бурения станками СБШ-250, включающая в себя классификацию буримости горных пород шарошечными долотами и оптимальные параметры режимов бурения.

Особенностью разработанной классификации является то, что критерием классности горных пород принята не линейная, а объемная механическая скорость бурения, по величине которой все горные породы разделены на шесть категорий. Выбор данного критерия обусловлен тем, что при использовании долот различного диаметра на одном и том же станке и при прочих равных условиях объемная механическая скорость бурения по сравнению с линейной является более стабильной величиной.

По результатам экспериментального бурения установлены также зависимости основных показателей станков СБШ-250 от параметров режимов бурения. Полученные данные показывают, что с увеличением нагрузки на долото и скорости его вращения механическая скорость бурения возрастает. Темп роста ее при увеличении нагрузки на долото более высокий, чем при увеличении числа оборотов долота. В противоположность механической скорости бурения стойкость долота с увеличением скорости его вращения и осевой нагрузки на долото уменьшается.

Зависимость механической скорости бурения от категорий буримости горных пород выражается степенной функцией вида

$$V_{ш} = 8,92 e^{-0,356 K_{ш}} \text{ м/час,} \quad (I)$$

где e - основание натурального логарифма;

$K_{ш}$ - категория буримости горных пород шарошечными долотами.

Одним из факторов повышения эффективности станков шарошечного бурения является интенсивная очистка забоя скважины. Последняя зависит от расхода и вида продувочного агента. Исследования показали, что при использовании станков СБШ-250

рациональный предел увеличения расхода воздуха при бурении долотами 243 мм составляют 24–25 м³/мин. При этом механическая скорость бурения увеличивается на 12–16%, а стойкость шарошечных долот – на 8–10%.

На карьере ЮГОКа с участием автора были проведены исследования влияния вида продувочного агента на механическую скорость бурения и стойкость шарошечных долот. При экспериментальном бурении применялись воздушно-водяная смесь, сжатый воздух и воздушно-масляная смесь.

Методикой исследований предусматривалось при использовании различных продувочных агентов соблюдение постоянными для заданных условий оптимальных значений таких параметров режима бурения, как осевая нагрузка на долото и скорость его вращения.

В процессе исследований установлено, что при очистке забоя скважины воздушно-водяной смесью в скважине постоянно находится столб шлама, высота которого изменяется в зависимости от глубины бурения и составляет 0,8–1,7 м. Наличие шлама на забое скважины уменьшает механическую скорость бурения и повышает износ элементов долота, снижая его стойкость.

При продувке скважин сжатым воздухом пылеподавление производилось над устьем скважины воздушно-водяной завесой. В специальной установке, что обеспечило соблюдение санитарных норм по запыленности на рабочем месте. Применение сжатого воздуха вместо воздушно-водяной смеси позволяет в значительной степени интенсифицировать процесс очистки забоя скважины, что способствует увеличению механической скорости бурения и стойкости долот соответственно на 22,1 и 49,5% и снижению стоимости бурения на 6,5%.

Применение же в качестве продувочного агента воздушно-масляной смеси при бурении в породах с $f = 14–15$ позволило повысить механическую скорость бурения на 19,5%, проходку на долото – на 77% и снизить стоимость бурения на 11%. Расход масла при этом составлял 0,003–0,004 л/мин.

Установлено, что одним из методов повышения эффективности шарошечного бурения в условиях железорудных карьеров Кривбасса является увеличение диаметра долот при соответст-

вующем увеличении диаметра штанг и расхода продувочного агента. Исследованиями доказано, что максимальная объемная производительность станков СБШ-250 и минимальная стоимость обуривания достигаются при бурении долотами диаметром 269 мм и расходе сжатого воздуха 30–31 м³/мин. Установленные при этом зависимости объемной производительности $P_{ш0}$ и стоимости обуривания $C_{ш}$ от категорий буримости горных пород описываются уравнениями:

$$P_{ш0} = 8,92 \eta_c T_{см} (30d - 33,5) e^{-0,356 K_{ш}} \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (2)$$

$$C_{ш} = \frac{C_{мш}}{8,92 \eta_c T_{см} (30d - 33,5) e^{-0,356 K_{ш}}} \text{ руб/м}^3, \quad (3)$$

где η_c – коэффициент использования станка на бурении;
 $T_{см}$ – продолжительность смены, час;
 d – диаметр активной части скважины, дм;
 $K_{ш}$ – категория буримости пород шарошечными долотами;
 $C_{мш}$ – стоимость машино-смены станка СБШ-250, руб.

Глава III. ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ РАСШИРЕНИЯ СКВАЖИН ПРИ ОГНЕВОМ И ШАРОШЕЧНОМ СПОСОБАХ БУРЕНИЯ

При огневом бурении с повышением крепости и при определенных физико-механических свойствах горных пород скорость бурения повышается. Исследования буримости пород станками СБО-160/20 показали, что высокая их производительность обеспечивается в крепких и весьма крепких неокисленных магнетитовых, гематито-магнетитовых, монолитных и слаботрециноватых роговиках. Весьма важным фактором, влияющим на эффективность огневого бурения, является диаметр скважин, определяющий их удельную емкость и выход горной массы с 1 м скважины.

Для выявления возможности получения при минимальных затратах времени максимального диаметра активной части скважин

были проведены исследования различных методов их расширения: с уменьшенной скоростью подачи горелки, повторным ходом горелки сверху вниз, повторным ходом горелки снизу вверх, раздельное расширение скважины после огневого и шарошечного бурения.

Исследованиями установлено, что максимальная объемная производительность и минимальная стоимость обуривания станками СБО-160/20 достигается в процессе бурения магнетитовых роговиков с $f = 18-20$ при образовании скважины в два этапа: бурение скважины минимального диаметра (180 - 200 мм) с максимальной скоростью до проектной глубины и последующее разбуривание активной части скважины до максимального диаметра (360 - 380 мм) на длину котлового расширения при движении горелки снизу вверх.

Скорость движения горелки U_k при этом связана с величиной диаметра активной части скважины d_k зависимостью

$$U_k = -Ad_k^3 + Bd_k^2 - Bd_k + \Gamma \quad \text{м/час,} \quad (4)$$

где A, B, B и Γ - постоянные коэффициенты (таблица), учитывающие свойства пород, режим работы горелки, ее конструкцию и другие факторы;

d_k - диаметр котлового расширения, см.

Типы пород	A	B	B	Г
Хорошо термобуриемые	-0,0035	0,3245	-10,532	133,17
Средне термобуриемые	-0,0035	0,2930	-8,680	104,40

Параметры сетки скважин при их расположении в массиве горных пород должны дифференцироваться в зависимости от диаметра активной части скважины, что позволяет рационально использовать выбуренный объем для размещения ВВ.

Применение данного метода бурения скважин и размещение их на блоке позволило увеличить объемную производительность станков СБО-160/20 в 3,2 раза и снизить себестоимость обуривания 1 м^3 пород в 3,27 раза.

Проведенные исследования дали возможность установить зависимость объемной производительности P_{70} и стоимости обуривания 1 м^3 пород C_T от величины диаметра скважины при огневом бурении. Эти зависимости описываются выражениями:

$$P_{70} = \frac{34,1 T_{cm} \eta_c L e^{-0,15 k_T} (-Ad_k^3 + Bd_k^2 - Bd_k + \Gamma) (30d - 33,5)}{L(-Ad_k^3 + Bd_k^2 - Bd_k + \Gamma) + 34,1 e^{-0,15 k_T} (L - 0,6W)} \text{ м}^3/\text{смену,} \quad (5)$$

$$C_T = \frac{C_{MT} [L(-Ad_k^3 + Bd_k^2 - Bd_k + \Gamma) + 34,1 e^{-0,15 k_T} (L - 0,6W)]}{34,1 T_{cm} \eta_c L e^{-0,15 k_T} (-Ad_k^3 + Bd_k^2 - Bd_k + \Gamma) (30d - 33,5)} \text{ руб./м}^3, \quad (6)$$

- где T_{cm} - продолжительность смены, час;
 η_c - коэффициент использования станка на бурении;
 L - глубина скважины, м;
 k_T - категория пород по термобурируемости;
 W - сопротивление по подошве уступа для первого ряда скважин, м;
 C_{MT} - стоимость машино-смены станка СБО-160/20, руб.

Раздельная технология расширения скважин позволяет получить в породах средне термобуриемых и плохо термобуриемых скважины диаметром 320-340 мм. Как показал анализ, лучшие результаты достигаются при пробуривании скважин станками шарошечного бурения. Однако увеличение объема вспомогательных операций (повторный наезд на скважины и др.), а также невозможность рационально использовать выбуренный объем скважин (так как проходка их осуществляется по заранее заданной сетке) приводит к тому, что этот метод в настоящее время является малоэффективным.

Глава IУ. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА ЗАРЯДА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Исследование влияния диаметра заряда на качество дробления горных пород проводилось методом лабораторного моделирования на образцах природы кубической формы. Изменяя величину диаметра заряда от 3 до 5 мм, сохраняли постоянство величины удельного расхода ВВ, отношение линии наименьшего сопротивления, длины заряда, длины забойки к диаметру заряда.

Модели природы были изготовлены из горных пород, имеющих коэффициент крепости I8-20 и I2-15, что соответствует У и Ш категориям пород по взрываемости. Шпуры были пробурены в одних моделях по простиранию, в других - вкрест простирания пласта. В качестве ВВ применялся тэн. Регистрация процесса разрушения модели - трещинообразования и разлета кусков - осуществлялась при помощи двух сверхскоростных кинокамер СФР-2М в отраженном свете с двух сторон. Параллельная работа двух камер СФР-2М позволила изучить влияние напластования на характер трещинообразования и разлет кусков.

Характер разрушения модели фиксировался в двух плоскостях. Модели взрывались в специальной камере. После взрывания каждой модели материал собирался и производился ситовой анализ по фракциям для определения степени дробления в зависимости от диаметра заряда и напластования.

Анализ данных кино съемки показал, что процесс разрушения моделей взрывом существенно изменяется и зависит от расположения заряда относительно плоскостей напластования. Эта общность сохраняется при разрушении моделей зарядами различных диаметров.

Анализ гранулометрического состава позволил установить, что с увеличением диаметра заряда при дроблении моделей абсолютный диаметр среднего куска взорванной массы увеличивается, однако степень дробления при этом возрастает (рис. I)

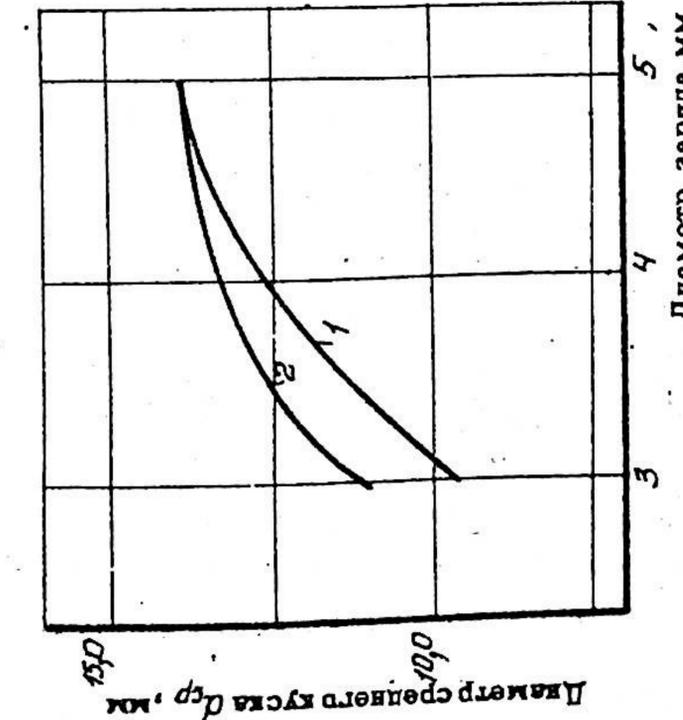
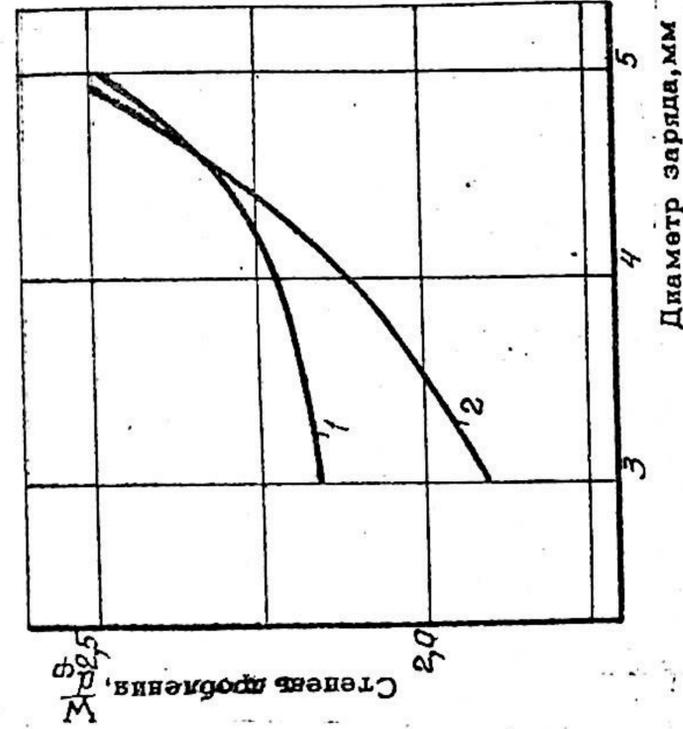


Рис. I. Зависимость диаметра среднего куска (а) и степени дробления модели (б) от величины диаметра заряда: I, 2 - соответственно У и Ш категории пород по взрываемости

Глава У. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА ЗАРЯДА
НА КАЧЕСТВО ДРОБЛЕНИЯ И СТОИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ I м³
СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

При проведении промышленных экспериментальных взрывов диаметры скважинных зарядов изменялись в диапазоне от 220 до 420 мм, соответственно им изменялись и геометрические параметры сетки скважин. При различных диаметрах скважин в породах одной и той же категории по взрываемости постоянными оставались удельный расход ВВ, вид забойки и ее величина, число рядов скважин (не менее трех), схема взрывания (диагональная), ширина подпорной стенки.

Основными критериями оценки результатов промышленных взрывов приняты: выход горной массы с I м скважины, стоимость обуривания I м³ горной массы, качество дробления и проработка подошвы, производительность экскаватора при погрузке взорванной горной массы.

Оценка качества дробления производилась по гранулометрическому составу, который определялся методом косоугольной фотопланиметрии по всей высоте забоя. Выход негабарита определялся поштучным замером.

В процессе исследований скважинными зарядами различных диаметров отбито более 5 млн. м³ горных пород, в том числе III и У категорий соответственно 1654 и 2469 тыс. м³.

Анализ гранулометрического состава горной массы, взорванной при производстве промышленных экспериментальных взрывов, подтвердил выводы, полученные при лабораторных исследованиях влияния диаметра заряда на качество дробления весьма крепких горных пород. При отбойке магнетитовых роговиков У категории ($f = 18-20$) с увеличением диаметра скважинных зарядов диаметр среднего куска взорванной горной массы увеличивается. Однако при этом значительно возрастает и степень дробления массива. Следует отметить, что, несмотря на увеличение диаметра среднего куска, качество дробления остается высоким. Так, при величине диаметра скважинных зарядов 320 мм выход фракций размером +1000 мм не превышает 1,1%.

При отбойке же горных пород III категории ($f = 12-15$) увеличение диаметра скважинных зарядов до 325-330 мм не оказывает значительного влияния на изменение качества дробления, которое характеризуется при этом следующими данными: диаметр среднего куска не превышает 96 мм, а выход кусков размером более 800 мм полностью отсутствует.

Иной характер влияния диаметра заряда на качество дробления горных пород III категории, установленный в процессе промышленных исследований, объясняется в основном значительно большим различием в степени трещиноватости пород моделей и массива.

Для определения влияния качества взрывного дробления горных пород на эффективность процесса экскавации в условиях карьера ЮГОКа проводились хронометражные наблюдения за работой экскаваторов ЭКГ-4,6Б при погрузке руды известного гранулометрического состава, отбитой скважинными зарядами различного диаметра. Установленные по результатам этих исследований зависимости производительности P_9 экскаватора ЭКГ-4,6Б и стоимости экскавации I м³ горных пород C_9 от диаметра среднего куска взорванной горной массы и других факторов описываются уравнениями:

$$P_9 = \frac{K \eta_9 T_{см} q^{0,142}}{1114 d_{ср}^{0,257} d^{0,016}} \quad \text{м}^3/\text{смену}, \quad (7)$$

$$C_9 = \frac{1114 C_{м9} d_{ср}^{0,257} d^{0,016}}{K \eta_9 T_{см} q^{0,142}} \quad \text{руб.}/\text{м}^3, \quad (8)$$

- где K - коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста ($K = 0,83-1,26$);
 η_9 - коэффициент использования экскаватора на погрузке;
 $T_{см}$ - продолжительность смены, час;
 q - удельный расход ВВ, кг/м³;

d_{cp} - диаметр среднего куска, см;
 $C_{мэ}$ - стоимость машино-смены, руб.

Стоимость взрывания I м³

$$C_в = qC_{вв} + C_p + C_n \frac{n}{100} \quad \text{руб./м}^3, \quad (9)$$

где q - удельный расход ВВ, кг/м³;
 $C_{вв}$ - стоимость I кг ВВ, руб.;
 C_p - затраты на доставку, транспортировку ВВ, заряжание и другие работы, связанные с взрыванием I м³ пород, руб.;
 C_n - стоимость разделки I м³ негабарита, руб.;
 n - выход негабарита, %.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что с изменением диаметра скважинных зарядов изменяются показатели работы станков шарошечного и огневого бурения, параметры буровзрывных работ и качество дробления взорванной горной массы, предопределяющее эффективность процесса экскавации. Очевидно, что существует такое значение диаметра скважинных зарядов, которое обеспечивает минимальную стоимость разработки I м³ пород по затратам, связанным с бурением, взрыванием и экскавацией.

Общее выражение стоимости разработки I м³ пород C по затратам на указанные технологические процессы имеет вид:

$$C = C_б + C_в + C_э \quad \text{руб./м}^3, \quad (10)$$

где $C_б$, $C_в$ и $C_э$ - соответственно стоимости бурения, взрывания и экскавации I м³ пород, руб.

Подставив в выражение (10) значения $C_б$ (3) и (6), $C_в$ (9) и $C_э$ (8), получим:

а) при бурении станками СБШ-250

$$C_1 = \frac{C_{мш}}{8,92 \eta_c T_{см} (30d - 33,5) e^{-0,356 \eta_{сш}}} + qC_{вв} + C_p + C_n \frac{n}{100} + \frac{1114 C_{мэ} d_{cp}^{0,257} d^{0,016}}{k \eta_3 T_{см} q^{0,142}} \quad \text{руб./м}^3, \quad (11)$$

б) при бурении станками СБО-160/20

$$C_2 = \frac{C_{мт} [L(-Ad_k^3 + Bd_k^2 - Bd_k + \Gamma) + 34,1 e^{-0,15k\tau} (L - 0,6W)]}{34,1 T_{см} \eta_c L e^{-0,15k\tau} (-Ad_k^3 + Bd_k^2 - Bd_k + \Gamma) (30d - 33,5)} + qC_{вв} + C_p + C_n \frac{n}{100} + \frac{1114 C_{мэ} d_{cp}^{0,257} d^{0,016}}{k \eta_3 T_{см} q^{0,142}} \quad \text{руб./м}^3, \quad (12)$$

Подставляя в выражения (11) и (12) различные значения диаметра скважин и соответствующие им другие параметры и показатели, получим зависимость стоимости разработки I м³ от диаметра скважинного заряда, минимальное значение которой соответствует оптимальной величине диаметра скважины в данных условиях (рис. 2).

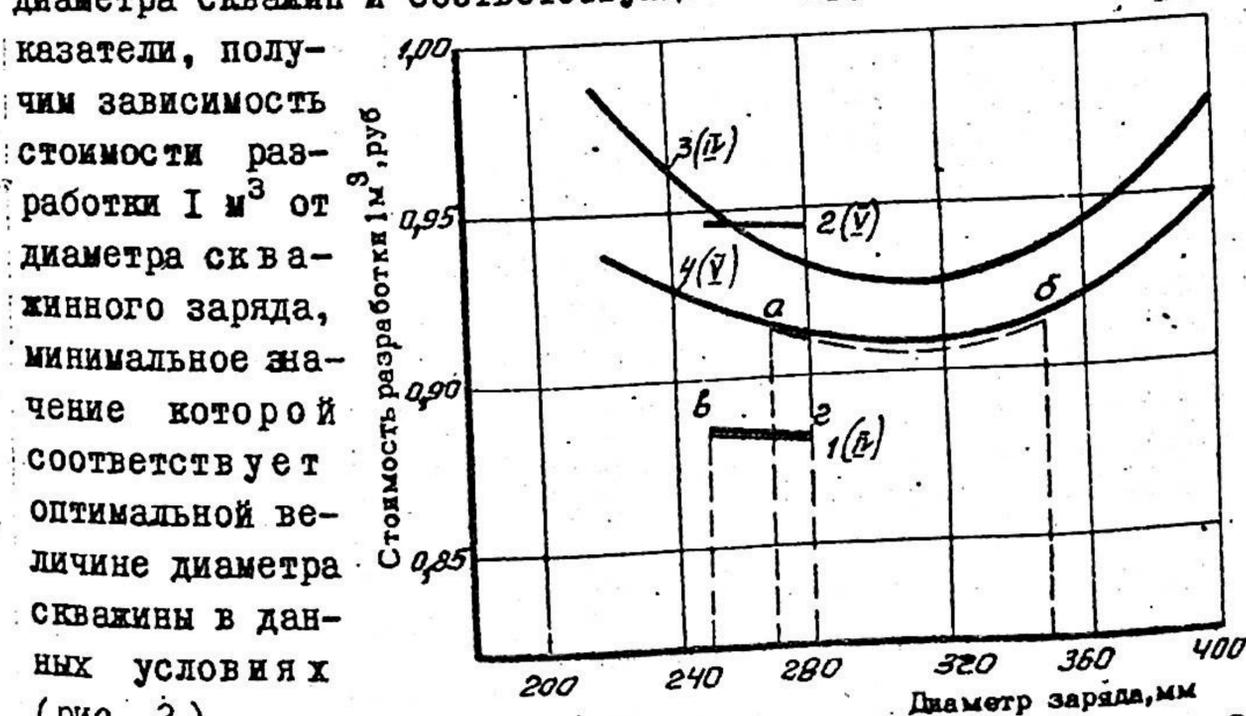


Рис. 2. Зависимость стоимости разработки I м³ железистых роговиков с $f = 16-20$ при бурении: 1, 2 - станками СБШ-250; 3, 4 - СБО-160/20. Область рационального применения станков СБО-160/20 (отрезок а, б), СБШ-250 (отрезок в, г).

В А К Л Ю Ч Е Н И Е

Исследования по поиску методов повышения эффективности буровзрывных работ и установлению оптимальной величины диаметра скважинных зарядов при разработке железистых роговиков высокой крепости, проведенные автором и рассмотренные в настоящей работе, позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Максимальная объемная производительность и минимальная стоимость бурения станками СБШ-250 достигается при диаметре долот 269 мм и расходе сжатого воздуха 30-31 м³/мин.

В условиях карьера ЮГОКа при бурении в породах с I4-I6 и менее увеличение диаметра долот с 243 до 269 мм повышает объемную производительность станка на 19% и снижает стоимость бурения на 16%.

2. Установлено, что применение на станках СБШ-250 в качестве продувочного агента воздушно-масляной смеси позволяет увеличить механическую скорость бурения и стойкость долот соответственно на 19,5 и 77%, что обеспечивает снижение стоимости бурения на 11%.

3. Разработанная и внедренная в производство с участием автора технологическая карта бурения станками СБШ-250, включающая в себя новую классификацию буримости горных пород шарошечными долотами и рациональные параметры режимов бурения, позволяет оптимизировать показатели работы этих станков и значительно повысить эффективность шарошечного бурения.

4. Бурение взрывных скважин в магнетитовых роговиках с $f = 17-20$ наиболее эффективно станками СБО-160/20 при образовании скважины в два этапа: первоначальное бурение скважины минимального диаметра с максимальной скоростью и последующее расширение активной части скважины снизу вверх. Максимальная объемная производительность и минимальная стоимость огневого бурения в этих условиях достигаются при диаметре активной части скважины 360-380 мм и дифференцированном их расположении в массиве горных пород.

5. Лабораторными исследованиями установлено, что с увеличением диаметра заряда от 3 до 5 мм при дроблении моделей из железистых роговиков с $f = 18-20$ и $f = 12-15$ диаметр сред-

него куска увеличивается соответственно на 42 и 25%. Степень дробления при этом возрастает соответственно на 21 и 33%.

6. В результате промышленных экспериментальных взрывов установлено:

а) при взрывании магнетитовых железистых роговиков с $f = 18-20$ мм изменение диаметра скважинных зарядов с 220 до 360 мм приводит к увеличению диаметра среднего куска взорванной горной массы в 1,84 раза, однако при этом резко возрастает степень дробления массива;

б) при дроблении горных пород с $f = 12-15$ увеличение диаметра скважинных зарядов до 325-330 мм не оказывает существенного влияния на изменение качества дробления; увеличение диаметра заряда свыше указанного значения приводит к увеличению диаметра среднего куска взорванной горной массы аналогично тому, как и при отбойке весьма крепких пород.

7. По минимальной стоимости разработки 1 м³ горных пород для карьера ЮГОК определены области рационального применения огневого и шарошечного бурения и установлены оптимальные диаметры скважинных зарядов:

а) эффективное применение станков СБО-160/20 ограничивается магнетитовыми роговиками с $f = 17-20$ при диаметре активной части скважин 270-350 мм, величина же оптимального диаметра составляет 320 мм;

б) область рационального использования станков СБШ-250 охватывает более широкий диапазон горных пород с $f = 14-16$ и менее, минимальная стоимость разработки 1 м³ пород при этом достигается при бурении долотами диаметром 269 мм и расходе сжатого воздуха 30-31 м³/мин.

8. Экономический эффект от внедрения результатов исследований составляет 320 тыс.руб. в год.

Основные положения диссертационной работы докладывались на Всесоюзной конференции по физическим методам разрушения минеральных сред (Алма-Ата, 1966 г.), на Первой Всесоюзной научно-технической конференции по термомеханическим методам разрушения горных пород (Днепропетровск, 1969 г.), на научно-технической конференции ДТИ и ИГТМ АН УССР (Днепропетровск, 1970 г.), на научно-техническом совещании по совершенствованию

нии буровзрывных работ (Кривой Рог, 1968 г.), на конференциях областного совета НТО МЧМ УССР (Днепропетровск, 1969 и 1970 гг.), а также опубликованы в следующих работах:

1. Буровзрывные работы на карьерах Кривбасса. "Горный журнал", №6, 1963 (соавторы: Ф.К.Алексеев, Д.И.Малюта, А.И.Потапов).

2. Огневое бурение скважин с образованием котловых расширений. "Горный журнал", № 5, 1964 (соавтор И.Ф.Оксанич).

3. Основные направления повышения эффективности огневого бурения взрывных скважин в условиях ЮГОКа. Сб. "Взрывное дело", № 58/15, 1966 (соавтор И.Ф.Оксанич).

4. Опыт производства массовых взрывов на карьерах Криворожского бассейна с поскважинным короткозамедленным взрыванием зарядов. Бюллетень ЦНИИ ЧМ, № 5, 1970 (соавторы: К.Н.Ткачук, С.И.Ткачев и др.).

5. Исследование режимов бурения котловых расширений при огневом бурении взрывных скважин. Сб. "Разработка рудных месторождений", № 7, "Техника", 1969 (соавтор И.Ф.Оксанич).

6. Совершенствование технологии расширения скважин на руднике ЮГОКа. "Горный журнал", № 8, 1968 (соавторы: А.В.Ягупов, А.Н.Москалев, С.З.Вайман).

7. Взрывы большой мощности на открытых горных работах. "Горный журнал", № 8, 1969 (соавторы: Г.С.Генералов, Н.М.Бондаренко, В.С.Куц).

8. О рациональном пределе увеличения расхода сжатого воздуха при бурении станками СБШ-250. "Металлургическая и горнорудная промышленность", № 5, 1970 (соавторы: И.Н.Усик, В.И.Карашенко и др.).

9. Совершенствование технологии шарошечного бурения взрывных скважин в сложных горногеологических условиях. "Наукова думка", Киев, 1970 (соавторы: И.Н.Усик, В.И.Карашенко, Л.С.Коваленко).

10. Комбинированный способ образования котловых расширений во взрывных скважинах. Тезисы Первой Всесоюзной научно-технической конференции по термомеханическим методам разрушения горных пород. "Наукова думка", Киев, 1969 (соавторы: А.Н.Москалев, Б.И.Милов, С.З.Вайман).

11. Шарошечный расширитель. Бюллетень изобретений, № 28, 1970. (Ав.св.№ 280393) (соавторы: И.Н.Усик и др.).

12. Установка для наружного подавления пыли водой при шарошечном бурении взрывных скважин. "Безопасность труда в промышленности", №1, 1971 (соавторы: И.Н.Усик, Л.С.Коваленко, Н.Н.Павасеню).

13. Комбинированный транспорт на карьере ЮГОКа в связи с понижением уровня горных работ. "Горный журнал", № 3, 1971 (соавторы: Ф.К.Алексеев, В.Г.Хралач, П.И.Павликов и др.).

14. Методы повышения надежности взрыва при многорядном короткозамедленном взрывании скважинных зарядов на карьерах ГОКов Кривбасса. "Горный журнал", №5, 1971 (соавторы: К.Н.Ткачук, В.И.Бутенко, С.И.Ткачев, Н.А.Бондаренко и др.).