Записки Ленинградского горного института им.Г.В.Плеханова
Т. 123. Л., 1990

УДК 622.235

В.Г.БЕЗКАРАВАЙНЫЙ, В.И.ТИМОФЕЕВ,
А.А.РЫСКУНОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВОГИДРООБРАБОТКИ ТРУДНООБРУШАЕМОЙ КРОВЛИ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

В настоящее время доля угольных пластов на шахтах Советского Союза с труднообрушаемыми кровлями достаточно велика. Свыше 150 пластов с углом падения до 35° имеют труднообрушаемые породы основной кровли. В период формирования и проявления первых и последующих осадок труднообрушаемая кровля создает активные нагрузки, превосходящие силовые параметры крепей, что приводит к авариям или зажатию их нажестко. Особенно заметно это сказывается при небольших размерах шахтных полей. Одним из способов снижения интенсивности проявлений горного давления является взрывогидрообработка труднообрушаемых пород основной кровли. Как показывают исследования на шахтах ПО "Сахалинуголь", мероприятия по взрывогидрообработке позволяют значительно снизить нагрузки на крепь и обеспечить эффективную и безопасную эксплуатацию в сложных горно-геологических условиях серийных механизированных комплексов.

Сущность метода взрывогидрообработки заключается в изменении физико-механических свойств пород в глубине массива основной кровли, путем ее принудительного водонасыщения через зоны искусственной трещиноватости, образованные камуфлетным взрывом скважинных зарядов. В результате часть труднообрушаемой кровли становится легкообрушаемой по слою взрывогидрообработки, который характеризуется пониженной прочностью породы и уменьшенным коэффициентом сцепления. Разупрочнение обеспечивает полное подбучивание зависающей части основной кровли, стабилизирует напряженно-деформированное состояние массива, что и приводит к снижению нагрузок на крепь.

Технология взрывогидрообработки предусматривает бурение из подготовительных выработок в массив основной кровли над угольным пластом скважин диаметром 40–45 мм и глубиной, определяемой в зависимости от выбранной односторонней или двухсторонней схемы заложения скважин и длины лавы. Техника и технология взрывных работ, проводимых в режиме сотрясательного взрывания, также соответствует рекомендациям.[x] В дальнейшем устья скважин герметизиру-

[x] Инструкция по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках // ВНИМИ, Л., 1985.

ются автозатвором типа ГАЗ-45 и производится водонасыщение массива под давлением 0,7–2 МПА; Временной режим гидрообработки обеспечивает необходимое снижение прочности и коэффициента сцепления пород в зоне искусственной трещиноватости.

По сравнению с передовым торпедированием, при взрывогидрообработке применяются скважины и заряды меньшего диаметра, расход ВВ на метр скважины уменьшается в 2,5 раза или в I,3 раза в случае попарного взрывания зарядов. Следствием этого является снижение опасного сейсмического действия взрыва, что в определенных условиях делает способ взрывогидрообработки кровли предпочтительным.

К основным параметрам взрывогидрообработки труднообрушаемой кровли относятся: размер и высота возвышения зоны искусственной трещиноватости над угольным пластом, расстояние между скважинами, давление и время водонасыщения разупрочняемого слоя, степень снижения прочности породы.

Высота расположения заряда h_p определяется с учетом мощности угольного пласта m и коэффициента разрыхления пород K_p из необходимости обеспечения полноты подбучивания зависающей консоли основной кровли (высота h_p измеряется в середине скважинного заряда).

Одним из исходных расчетных параметров является величина радиуса зоны взрывного трещинообразования $R_{тр}$ (в относительных единицах $R_{тр}=R/r_з$). Радиус зоны трещинообразования, определенный экспериментально с учетом изменения прочности пород в зоне взрыва камуфлетного заряда, для пород Сахалинского месторождения составляет:

$$\frac{\sigma_{в1}}{\sigma_н} = \frac{A}{10}\left(\frac{R}{r_з}\right)^B ,$$

где $\sigma_{в1}, \sigma_н$ – пределы прочности породы в зоне трещинообразования до и после взрывания заряда ВВ, МПа. $r_з$ – радиус заряда ВВ, м; R – текущая координата, м; A, B – эмпирические коэффициенты.

Коэффициент B зависит от естественной прочности породы ($\ln B = 1{,}28-0{,}12\,\sigma_н$) и изменяется от 0,48 до 0,8. Коэффициент A характеризует степень нарушенности массива пород трещинами на различном расстоянии от центра взорванного скважинного заряда. Для практических расчетов принимают $A = 0{,}1$ при $1{,}6 \leq R_{тр} \leq 50$ и $A = 1$ при $60 \leq R_{тр} \leq 120$. Максимальный радиус зоны трещинообразования находится из граничного условия $\sigma_н = \sigma_в$ и $A = 1$. В этом случае $R_{тр\,max} = 10^{1/B} r_з$. Расстояние между одиночными взрывными скважинами при сплошной обработке кровли или взрывными станциями (попарное взрывание скважинных зарядов) принимается равным $\ell = 2R_{тр\,max}$.

Вследствие взаимодействия полей напряжений при взрывании зарядов парами[x] происходит интенсивное прорастание трещин на участке между ними, расстояние между скважинами может быть увеличено до $\ell = 2R_{тр}K$. Коэффици-

[x] Ханукаев А.Н., Кусов Н.Ф., Пшеничный В.И. и др. Снижение напряженности горного массива с помощью взрывов. М.: Наука, 1979.

ент K для пород с акустической жесткостью ρc = (6:I2)·10^5 г/(с·см^2) составляет I,63. Таким образом, попарное взрывание зарядов позволяет значительно расширить сетку скважин при разупрочнении пород способом взрывогидрообработки.

Эффективный радиус разупрочнения определяется с учетом ослабления зоны трещинообразования за счет ее водонасыщения. Вода проникает в трещины под влиянием опорного давления, снижает прочность пород до определенного предела, причем по экспериментальным данным повышение влажности пород на I,5–2,0 % снижает прочность песчаника в 2–3 раза. Режим водонасыщения зависит не только от пористости и собственной влажности пород, но и характеристики зон дробления, микро- и микротрещиноватости, вызванные взрывом.

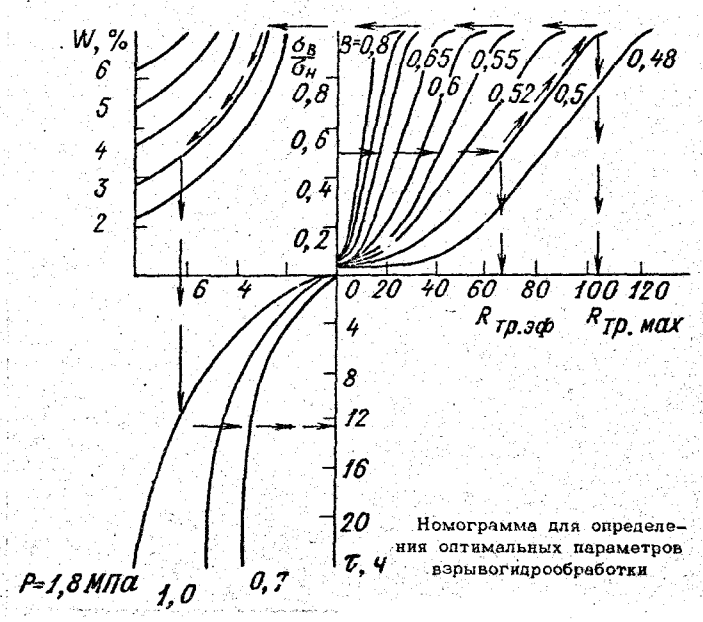
Зависимость прочностных и деформационных характеристик пород от повышения влажности определяется лабораторными испытаниями. Общий объем заканчиваемой в скважины воды

$$V_{общ} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 2\pi \int_0^{r_4} \alpha(r, q)\, dr,$$

где $r_{1,2,3,4}$ – радиус зоны дробления макро- и микротрещиноватости деформаций; q – заряд ВВ; α – коэффициент трещиноватости.

Радиус зоны разупрочнения (см. рисунок) определяется по номограмме, составленной на основе шахтных и лабораторных экспериментов, которые учитывают физические свойства массива, параметры взрывных работ, давления и времени нагнетания воды в скважины.

Для примера рассчитан радиус разупрочнения при применении комбинированного (взрывогидродинамического) способа разупрочнения для следующих



Номограмма для определения оптимальных параметров взрывогидрообработки

условий: кровля представлена песчаниками с $\sigma_{сж}$= 50, естественная влажность 3 %, давление закачиваемой в скважину воды I,8 МПа. Значение коэффициента B в данном случае равно 0,5. Задаемся необходимым снижением прочности труднообрушаемых пород $\sigma_в/\sigma_н$ = 0,5 в зоне разупрочнения и определяем по номограмме эффективный радиус $R_{эф}$ зоны трещинообразования. Для этого от точки 0,5 оси ординат проводим горизонталь до пересечения с графиком (B = 0,5) и на оси абсцисс находим $R_{ср}$ = 64$r_з$. Аналогичным образом находится максимальный радиус трещинообразования R_{max} = I05$r_з$ при $\sigma_в/\sigma_н$ = I. Дальнейшее снижение прочности пород до заданной величины ($\sigma_в/\sigma_н$= 0,5) в интервале 64 $\leq R_{max} \leq$ I05 возможно за счет водонасыщения породного массива до влажности W = 6 %. По расчету такое водонасыщение пород произойдет за I3 ч при давлении воды в скважине I,8 МПа. Остальные технологические параметры устанавливаются согласно указанным рекомендациям.

Шахтные испытания показали, что использование взрывогидрообработки для управления труднообрушаемой кровлей при обработке угольных пластов Сахалинских месторождений приводит к снижению максимума опорного давления впереди лавы на 20-30 %, к перемещению его в глубь массива на I0-I5 м, к сокращению шагов осадок и уменьшению давления на крепь в I,3-I,4 раза. Способ взрывогидрообработки обеспечивает условия для повышения нагрузки на забой, безаварийность работы механизированных комплексов и безопасность труда.