

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масаев, Ю. А. Влияние параметров буровзрывных работ на состояние законтурного массива горных выработок / Вестник КузГТУ: – Кемерово, 2000, №5. – С. 85–87.

□ Автор статьи:

Масаев
Юрий Алексеевич
канд. техн. наук, профессор
каф. строительства подзем-
ных сооружений и шахт КузГТУ
Email: recess@bk.ru

УДК 622.235

Ю. А. Масаев

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В НАПРЯЖЕННОМ ПОРОДНОМ МАССИВЕ

Сооружение горных выработок, особенно на больших глубинах их заложения, является одним из наиболее тяжелых процессов, представляющих опасность для горнорабочих, поэтому к проектированию буровзрывного способа проходки следует подходить с особым вниманием.

Одним из основных условий качественной отбойки горных пород, обеспечивающей не только высокую скорость проведения горной выработки, но и состояние законтурного массива, предопределяющее безопасные условия последующей эксплуатации готовой выработки, является правильное определение параметров взрыва при составлении паспортов буровзрывных работ.

Нами были проведены исследования условий проведения горных выработок на угольных и рудных шахтах Кузбасса и анализ более 50 паспортов буровзрывных работ, которые показали, что как в угольных шахтах при проведении выработок, в основном, в породах средней крепости, так и в рудных шахтах при проведении выработок в породах крепких, вязких, упругих наиболее часто применяемая глубина шпуров составляет 1,8-2,0 м.

Причем, такая глубина шпуров не подтверждается расчетами для каждого конкретного условий, а принимается в соответствии с ранее составленными паспортами БВР для выработок, примерно, одинакового поперечного сечения, но проводимым по другим породам, что приводит к нежелательным результатам.

Для достижения более эффективного разрушения и дробления породного массива необходимо научиться управлять действием взрыва в конкретных горногеологических условиях его производства. Недостатком существующих методов определения параметров взрыва при составлении паспортов БВР в расчетных формулах используется лишь один параметр, характеризующий свойства взрываемого породного массива – коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протоdjаконова,

который является лишь относительным показателем.

Для определения глубины шпуров наиболее рациональным является метод проф. Н. М. Покровского, учитывающий применяемую организацию и механизацию проходческого цикла. И естественно, что с появлением новых высокопроизводительных горнопроходческих машин появляется возможность бурить более глубокие шпуровы. Техническое перевооружение, закупка современной и надежной техники являются необходимыми условиями производительной и безопасной работы, однако наряду с этим следует использовать такой естественный природный фактор, как действующее горное давление и превратить его из противника в помощника горного инженера. От горного давления зависит изменение физико-механических свойств и поведения горных пород, что влияет на условия их разрушения.

В нетронутом массиве горные породы находятся в состоянии всестороннего объемного сжатия. При проведении горной выработки нарушаются условия равновесия, за счет чего в призабойной зоне образуется поле статических напряжений, вид и величина которых зависит от формы и размеров горной выработки и физико-механических свойств вмещающих горных пород.

Напряженное состояние горных пород сказывается на их прочностных показателях и при этом важно знать вид поля напряжений. Как указывают целый ряд исследователей, в условиях объемного напряженного состояния прочностные характеристики горных пород многократно возрастают, а соотношение пределов прочности на сжатие и растяжение уменьшается.

Первоначальное напряженное состояние нетронутого массива характеризуется вертикальной σ_z и горизонтальными σ_x и σ_y , составляющими тензора напряжений, связь между которыми может быть выражена через упругие характеристики породного массива:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu}{1-\mu} \sigma_z = \lambda \sigma_z$$

где μ – коэффициент Пуассона; λ – боковой отпор.

При спокойном залегании пород величина вертикальной составляющей, как правило, равна произведению γH (γ – объемный вес толщи вышележащих горных пород; H – глубина заложения горной выработки).

В процессе проведения горной выработки нарушение равновесного состояния нетронутого породного массива приводит к перераспределению напряжений как вокруг выработки, так и впереди забоя. При этом, в зависимости от прочностных свойств породного массива, вокруг выработки выделяются два вида состояния среды – упругое и неупругое.

Упругое состояние характерно для выработок, проводимых комбайнами в монолитных породах повышенной крепости. При проведении выработок буровзрывным способом в менее прочных породах, прилегающие к обнаженным поверхностям участки породы подвергаются воздействию как горного давления, так и волн напряжений от взрыва комплекта зарядов ВВ. В результате этого порода в некоторой области находится в предельно напряженном состоянии.

Анализ проведенных ранее исследований позволил установить, что в непосредственной близости от плоскости забоя выработки образуется зона ослабленных пород, напряжения в которой ниже напряжений в нетронутом массиве. По мере удаления от забоя вглубь массива, напряжения увеличиваются и переходят в область концентрации напряжений. На некотором расстоянии от забоя выработки породный массив не испытывает влияния проводимой горной выработки и напряжения принимают значения, характерные для нетронутого массива. Таким образом, участки породного массива, прилегающие к забою выработки, оказываются частично разгруженными от горного давления. При этом создаются предпосылки более эффективного использования энергии взрыва для разрушения горной породы в объеме заходки, ограниченной зоной пониженных напряжений. Однако, протяженность зоны ослабленных пород в призабойной области не одинакова по сечению выработки и зависит от положения рассматриваемой точки в пространстве относительно оси выработки.

Характерные эпюры нормальных сжимающих напряжений в призабойной области, построенные по результатам лабораторных исследований (рис. 1), показывают, что наибольшая величина зоны ослабленных пород во всех случаях находится в осевой части выработки. В направлении от оси к контуру выработки максимум напряжений приближается к плоскости забоя с некоторым увеличением концентрации. Минимальная протяжен-

ность области разгруженных пород находится в зоне углов выработки. На рисунке пунктирной кривой ограничена зона ослабленных пород (Φ), имеющая форму сферы с геометрическим центром по оси выработки.

В непосредственной близости от плоскости забоя вертикальные нормальные напряжения составляют $(0,65 \div 0,8) \gamma H$ в центральной части забоя и $(0,9 \div 1,3) \gamma H$ в углах выработки.

В производственных условиях исследовалась взаимосвязь величины зоны ослабленных пород (Φ) с глубиной заложения выработки, ее площадью поперечного сечения и прочностными характеристиками горных пород.

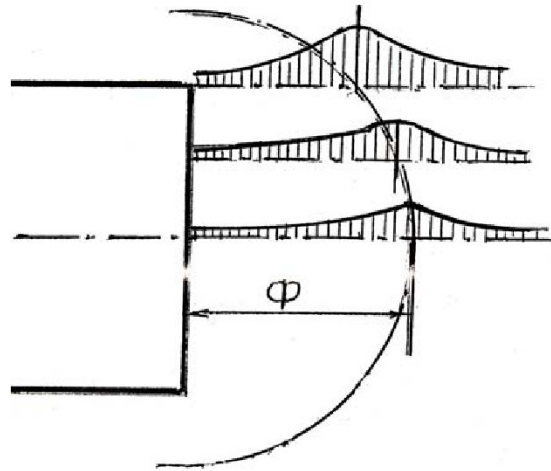


Рис. 1. Эпюры нормальных сжимающих напряжений впереди забоя выработок

На рис. 2 приведена зависимость параметра Φ от площади поперечного сечения выработок, проводимых по породам различной крепости на глубине $150 \div 25$ м от земной поверхности.

Как видно из графика, величина зоны ослабленных пород с увеличением площади поперечного сечения горных выработок от $9,0$ до $24,0 \text{ м}^2$ в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протождяконова $f = 4-6$ увеличивается с $1,5$ м до $2,5$ м, при проходке выработок с $f = 6-8$ изменение происходит от $0,9$ м до $1,65$ м, а в породах с $f = 8-2$ – от $0,65$ м до $1,2$ м.

С увеличением глубины заложения выработок величина зоны ослабленных пород (параметр Φ) изменяется не так значительно.

На рис. 3 приведена зависимость параметра Φ для выработок с площадью поперечного сечения $8,5 \div 9,5 \text{ м}^2$, проводимых в породах различной крепости при глубине их заложения от 150 м до 450 м. В этом случае интенсивность изменения величины зоны ослабленных пород не велика. Так, в породах с $f = 4-6$ изменение параметра Φ находится в пределах от $1,4$ до $1,65$ м, а в породах с $f = 6-8$ – от $0,8$ м до $1,15$ м.

Характер напряженного состояния нетронутого породного массива характеризуется величиной

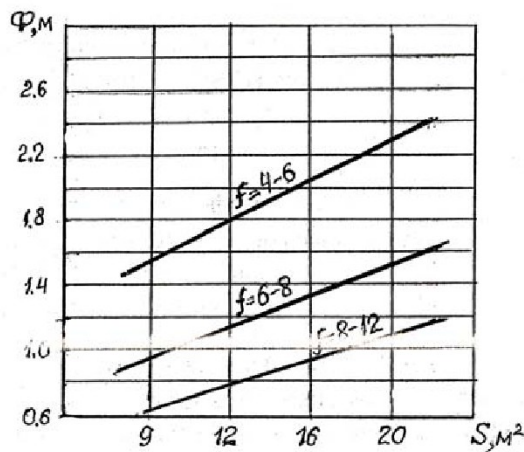


Рис. 2. Зависимость параметра Φ от площади поперечного сечения выработки и коэффициента крепости породы

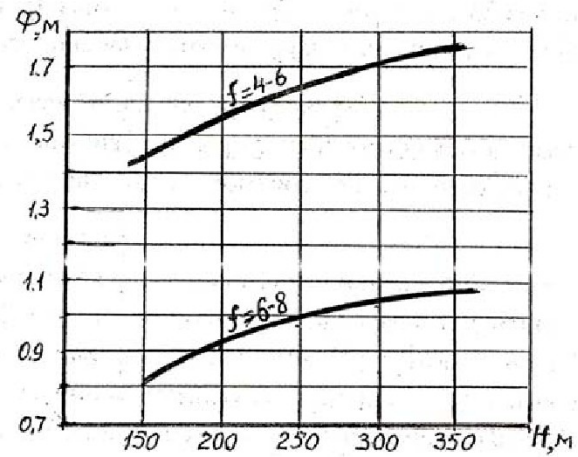


Рис. 3. Зависимость величины зоны ослабленных пород (Φ) от глубины заложения горной выработки

бокового отпора λ , величина которого изменяется от 0 до 1,0. В соответствии с этим и напряженное состояние нетронутого массива изменяется и оказывает определенное влияние на интенсивность изменения зоны пониженных напряжений. С увеличением бокового отпора при прочих равных условиях величина параметра Φ снижается, однако это снижение не велико.

Анализ полученных результатов дает возможность утверждать, что протяженность зоны ослабленных пород зависит от горногеологических и горнотехнических факторов, основные из которых являются прочностные характеристики горных пород, площадь поперечного сечения сооружаемых горных выработок, величина горного давления, выражаемого через глубину заложения горной выработки, и вид первоначального напряженного состояния нетронутого массива.

Зависимость величины зоны пониженных напряжений от указанных факторов может быть выражена в виде:

$$\Phi = \frac{1,4}{f} \sqrt{S \lg \frac{H}{\lambda}}$$

где S – площадь поперечного сечения выработки.

Как показал корреляционный анализ, наибольшее влияние на формирование зоны пониженных напряжений оказывают прочностные характеристики породного массива (52 %) и площадь поперечного сечения горной выработки (43

%). Влияние изменения глубины заложения горной выработки от 150 м до 400 м и изменение бокового отпора от 0,4 до 1,0 оценивается лишь в 5%.

Исходя из общего характера распределения нормальных сжимающих напряжений впереди забоя выработки, следует, что при проведении выработок буровзрывным способом для достижения высокой эффективности отбойки горной породы и формирования врубовой полости целесообразно врубовые шпуров располагать в центральной части плоскости забоя, где величина зоны ослабленных пород имеет максимальное значение.

Вместе с тем, применяемое в настоящее время в горнодобывающей промышленности высокопроизводительное буровое оборудование позволяет бурить шпуров глубиной до 4-5 метров, а запаса потенциальной энергии применяемых взрывчатых веществ достаточно для разрушения любого объема породного массива. Поэтому методы определения основных параметров взрыва при разработке паспортов БВР должны базироваться не только на использовании напряженного состояния породного массива существующего при проведении горных выработок в определенных горногеологических условиях, но и на основе взаимодействия с этим напряженным состоянием возбуждаемых при взрыве комплекта зарядов ВВ волн напряжения, что внесет существенные поправки в управление энергией взрыва.

□ Автор статьи:

Масаев
Юрий Алексеевич
канд. техн. наук, профессор
каф. строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ
Email: recess@bk.ru