

УДК 622.232

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПОРОД ВЗРЫВОМ

Рыжков Е. В., студент гр. ГО_с-131, V курс

Научный руководитель: Катанов И.Б., д.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Горно-геологические условия в Кузнецком угольном бассейне разнообразны и сложны. Пласти залегают в виде свит от пологого до крутого падения. Вскрышные породы угольных месторождений Кузбасса представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Структура породных массивов иногда даже в пределах одного взрываемого блока изменяется от мелкоблочной (с размерами естественных отдельностей 200-400 мм) до крупноблочной (с размерами отдельностей 3000-5000 мм и более). В ряде случаев дробление горных пород, особенно крупноблочной структуры, по существующей технологии недостаточно для обеспечения производительной работы горного и транспортного оборудования. Поэтому повышение качества подготовки горной массы к выемке экскаватором является первостепенной задачей открытых горных работ.

Одним из важных направлений совершенствования взрывных работ является повышение эффективности взрыва в результате рационального перераспределения энергии взрывчатого вещества. Изменяя пространственное расположение скважинных зарядов в массиве горных пород можно рационально распределять энергию взрыва в массиве.

Обобщенные представления Ф. А. Баума о механизме разрушения породы взрывом, по-видимому, наиболее полно отражают существенные стороны этого процесса, протекающего под совокупным воздействием продуктов детонации, ударных волн и волн разрежения [1]. Во времени и по природе физических явлений, определяющих его, взрыв характеризуется несколькими последовательными стадиями. При начальной стадии процесса основную роль играют расширяющиеся продуктов детонации, которые в первый момент находятся под давлением порядка 10^5 кг/см². Расширение продуктов детонации протекает изэнтропически – сначала по закону $PV^3 = const$, а затем при более низких давлениях – по закону $PV^\gamma = const$. На этой стадии развития взрыва в горном массиве происходит пластическое течение породы, возникновение радиальных трещин и ее дробление. На контакте заряд-порода, действует закон сжимаемости, определяющий начальные параметры и ряд закономерностей распространения ударных волн. Вторая стадия процесса, начинается после выхода ударных волн на свободную поверхность. Она связана с распространением отраженной от этой поверхности волны разряжения и ее

взаимодействием с хвостовой частью бегущей волны сжатия. В результате этого процесса в породе возникают значительные растягивающие напряжения и в конечном итоге – новые трещинообразования. Пересечение этих трещин и естественных микро- и макротрещин, имеющихся в породе, с системой радиальных трещин, возникающих в ней на предыдущей стадии развития взрыва, приводит к образованию пространственной сетки трещин, характер которой в определенной мере предопределяет возможные размеры и количество раздробленных при взрыве кусков породы. Роль откольных явлений в процессе дробления пород взрывом очень невелика. Третья, заключительная стадия процесса, сводиться в основном к воздействию на породу уже расширившихся до $r = r_{kp}$ продуктов детонации. К моменту полного своего расширения продуктов детонации еще содержат около 50 % энергии взрыва от общего ее количества. Под воздействием этой энергии происходят различные виды разрушения породы при проникании газов в трещины, отрыв отдельных кусков от массива и т.п., перемещение разрушенной массы породы и разлет отдельных кусков массива.

Физически глубоко обоснованные представления качественной картины действия взрыва на среду изложены в работах Г. И. Покровского [2], который рассматривая положение автомодельности распространения ударных волн при взрыве и основные энергетические зависимости, устанавливает ряд параметров ударной волны, возникающей в среде при взрыве сферического заряда ВВ. Таким образом, определяются максимальное значение избыточного давления волны сжатия в твердой среде и время действия избыточного положительного давления в волне сжатия.

В вопросе разрушения горной среды взрывом А. Н. Ханукаев [3] придерживается теории, согласно которой процесс разрушения происходит под действием упругих волн. Основываясь на теории разрушения породы отраженной волной, выдвигается положение, по которому процесс разрушения пород в значительной степени зависит от их акустической жесткости

Г. П. Парамонов [4] показывает, что механизм разрушения трещиноватого массива зависит от того, чем заполнены трещины. Если трещины заполнены твердым материалом, то разрушение происходит в основном за счет волн напряжений. Когда в трещинах находится воздух, то волна напряжений разрушает только отдельность, в которой находится заряд, дальнейшее разрушение происходит за счет продуктов детонации.

В настоящее время способ взрывной подготовки пород к выемке методом скважинных зарядов горных пород со слоистой структурой, включает бурение параллельных рядов вертикальных или наклонных скважин, заряжение их взрывчатым веществом с последующей забойкой, монтаж взрывной цепи и короткозамедленное взрывание.

Скважины размещаются друг от друга на расчетном расстоянии по прямоугольной или шахматной сетке. Причем в массиве скважины располагаются

гаются так, что продольная ось каждой скважины на плоскость откоса уступа проектируется как перпендикуляр к образующим верхней и нижней бровкам уступа. В этом случае ось скважины пересекает плоскость напластований под некоторым углом (рис. 1а). Наиболее благоприятные условия для дробления массива в большинстве случаев наступают тогда, когда нагрузка разрушения в слое строго перпендикулярна напластованию (рис. 1б) либо при простирации напластований параллельного линии откоса уступа (рис. 1в).

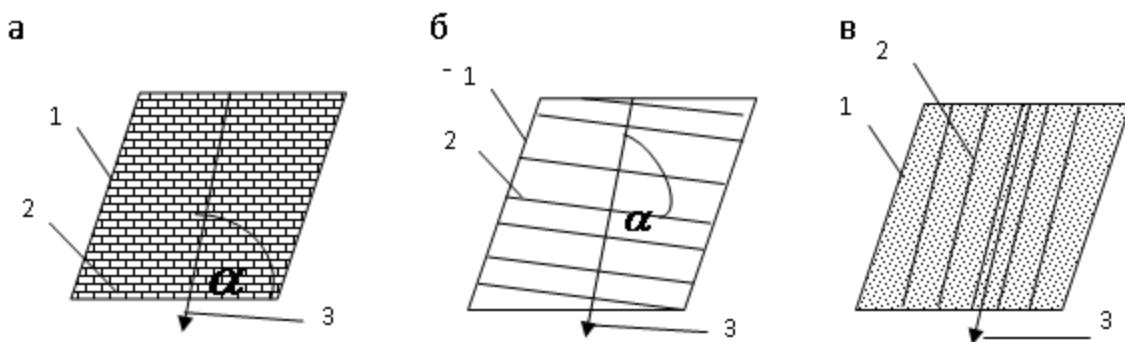


Рис. 1. Схема пространственного размещения скважин в массиве относительно напластований: 1 – откос уступа; 2 – напластования породы; 3 – направление бурения

При проектировании взрывов не учитываются взаимосвязи сдвиговых напряжений в направлении слоистости и направлении трещиноватости массива. Если угол падения напластований составляет с осью скважины более чем 35 град., то возможно затухание волн напряжений в пределах отдельности и ухудшение качества дробления массива.

Поэтому для равномерного дробления массива при неблагоприятном расположении заряда относительно напластований необходим увеличенный удельный расход взрывчатого вещества. При использовании зарядов с одинаковым удельным расходом ВВ без учета структуры массива можно получить непредсказуемые результаты.

Анализ качества взрывной подготовки породы к выемке на разрезе «Заречный» в Кузбассе позволил получить закономерность изменения размеров куска в развале в зависимости от пространственного расположения скважин в слоистом массиве (рис. 2).

Анализ графика показывает, что хорошее качество подготовки вскрыши к выемке получено при бурении скважин относительно плоскости напластований под углом 85-90 град. и в случае совпадения направления бурения с плоскостью напластований.

Поэтому с целью получения равномерного дробления породы в пределах всего уступа перед проектированием буровзрывных работ было проведено обследование массива георадаром «ОКО-2» с экранированным разборным антенным блоком «АБ-90». Анализ радарограмм и фотографий откоса уступа в направлении с запада на восток показал, что угол падения поверхностей

напластований составляет 10-22 град., а азимут их падения 120-140 град. Затем поверхностей напластований вы полаживается. Через 85-100 м напластования меняют угол падения до 146 град. (рис. 3).

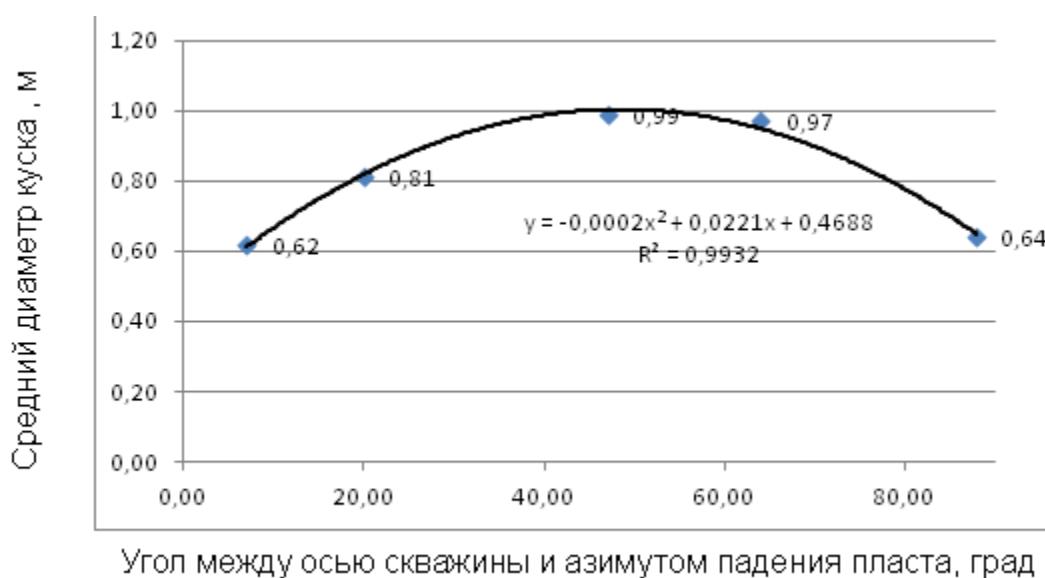


Рис. 2. Изменение размера куска в развале в зависимости от угла встречи скважинного заряда с напластованиями массива

Взрывание горного массива объемом 136908 м³ проводили в забое экскаватора РН-2300 № 2387 с вместимостью ковша 25 м³ на горизонте +279. Высота уступа составляла 15 м. Диаметр скважин $d = 0,2$ м. Породы представлены песчаником, который относится к средневзрываемым среднеблочным породам. Коэффициент крепости по проф. М. М. Протодьяконову $f = 5,5$. Средний диаметр естественной отдельности составляет $d_e = 1,1$ м. Сетка скважин прямоугольная размером 6×6 м. Поскольку ФНиП РУМОС [5] позволяют устанавливать буровой станок под любым углом по отношению к откосу уступа, то в западной части блока скважины бурили под углом 75 град. к горизонту при этом проекция оси бурового става на плоскость напластований была близка к нормали относительно азимута простирации напластований (см. рис. 3а). Средняя часть блока обуривалась по обычной схеме, когда скважины бурили под углом 75 град. к горизонту, а проекция продольной оси бурового станка была перпендикулярна откосу уступа (см. рис. 3б). В восточной части блока скважины бурили под углом 75 град. к горизонту при этом проекция оси бурового става на плоскость напластований была близка к перпендикуляру относительно азимута падения напластований (см. рис. 3в).

Заряжали скважины гранулитом РД и эмульсолитом А-20 рассредоточенными и сплошными зарядами. Рассредоточение скважинного заряда осуществлялось при помощи рукава ПРЗ-350-250-7.

Схема взрывания диагональная с использованием системы инициирования с ударно-волновыми трубками для монтажа поверхностной сети Rionel-X (42, 67 мс) и внутрискважинные Rionel-MS-20.

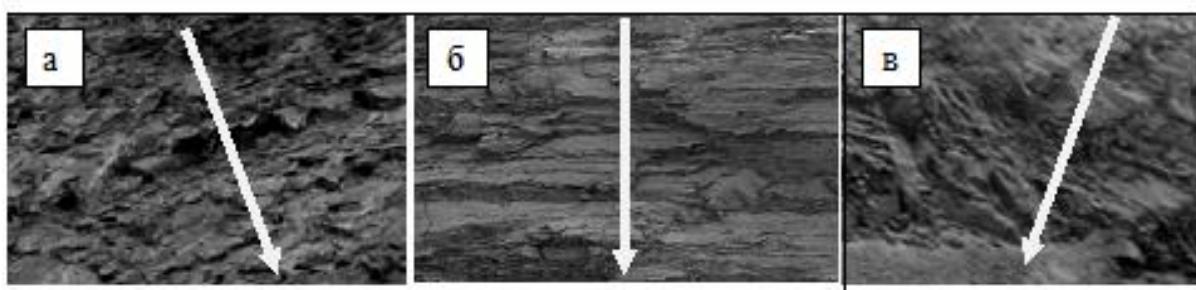


Рис. 3. Направление бурения скважин (стрелки) в зависимости от изменения угла падения пород в пределах рабочего горизонта

Взрыв фиксировали высокоскоростной видеокамерой Casio Exilim Pro EX-F1 со скоростью видеосъемки 600 кадров в секунду. Фотопланиметрический метод определения качества дробления массива позволил равномерное дробление массива по всему блоку. Причем средний диаметр куска в развале на 15 % меньше, чем контрольным участком с традиционным расположением наклонных скважин, направленных перпендикулярно образующим откоса уступа без учета расположения оси скважины перпендикулярно напластованиям.

Предложенный способ бурения скважин в массиве позволил повысить качество подготовки пород к экскавации и в конечном итоге увеличить производительность экскаватора РН-2300 № 2387 с вместимостью ковша 25 м³ с 13 до 15 тыс. м³ в смену.

Список литературы

1. Баум, Ф. А. Определение начальных параметров ударных волн в горных породах в условиях контактного взрыва и закона сжимаемости пород при высоких давлениях / Ф.А. Баум, М.А. Бережец // Сб.: Взрывное дело № 49/6. – М.: Госгортехиздат, 1962.
2. Покровский, Г. И. Взрыв. – М.: Недра, 1973. – 182 с.
3. Ханукаев, А. Н. Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 200 с.
4. Парамонов, Г. П. Оценка влияния трещиноватости массива на его разрушение при производстве взрывных работ.. – Т. 204. - С-П.: Записки Горного института, 2013. С. 294-296.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 ноября 2017 года № 488.

