

УДК 622.272

Новак А. И., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ НЕОДНОРОДНОГО СЛОИСТОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА

В работе представлено качественное и количественное описание механизма разрушения неоднородного слоистого массива горных пород труднообрушаемой кровли угольных пластов Донбасса энергией взрывных волн напряжений. Приведен пример использования неоднородности массива слоистых пород для избирательного разрушения труднообрушаемого слоя за счет интерференции падающей и отраженной взрывных волн напряжений на границе раздела разнопрочностных слоев пород. Представлена практическая апробация полученных теоретических результатов в условиях 6-й западной лавы шахты имени Г. Г. Капустина производственного объединения «Лисичанскуголь».

Ключевые слова: шахта, структура пород, труднообрушаемая кровля, энергия взрывных волн напряжений, интерференция падающих и отраженных взрывных волн, волны сжатия и растяжения, преломление и отражение взрывных волн, разупрочнение пород труднообрушаемого слоя.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.

При механизированной разработке пологих угольных пластов Донбасса с труднообрушаемыми кровлями возникает проблема обеспечения плавных безаварийных осадок пород основной кровли. Эффективное применение механизированных комплексов и обеспечение нормальной передвижки секций механизированной крепи вслед за продвижением забоя возможно только при условии отсутствия динамических осадок пород основной труднообрушаемой кровли. Результаты представленных научных исследований позволяют обеспечить эффективное применение серийных механизированных комплексов и безаварийную передвижку секций механизированной крепи при отработке пологих угольных пластов Донбасса со структурно-неоднородными труднообрушаемыми кровлями.

Анализ исследований и публикаций. Для обеспечения возможности применения серийных механизированных комплексов при разра-

ботке угольных пластов с породами труднообрушаемой кровли обычно применяется передовое торпедирование пород основной кровли. Но при наличии структурно-неоднородных пород труднообрушаемой кровли типовые схемы расположения скважин передового торпедирования применить невозможно. Поэтому предлагается использовать неоднородность пород труднообрушаемой кровли для повышения эффективности их разупрочнения за счет использования интерференции падающих и отраженных взрывных волн напряжений на контактах разнопрочностных слоев пород.

Постановка задания. Целью настоящей работы есть разработка качественной картины механизма разрушения структурно-неоднородного массива горных пород взрывными волнами напряжений и количественная оценка фактических разрушений массива за счет действия интерференции падающих и отраженных взрывных волн на границе раздела разнопрочностных слоев пород труднообрушаемой кровли.

Изложение материала и результаты. Массив горных пород рассматривается в виде трех слоев с различными физико-механическими свойствами (рис. 1):

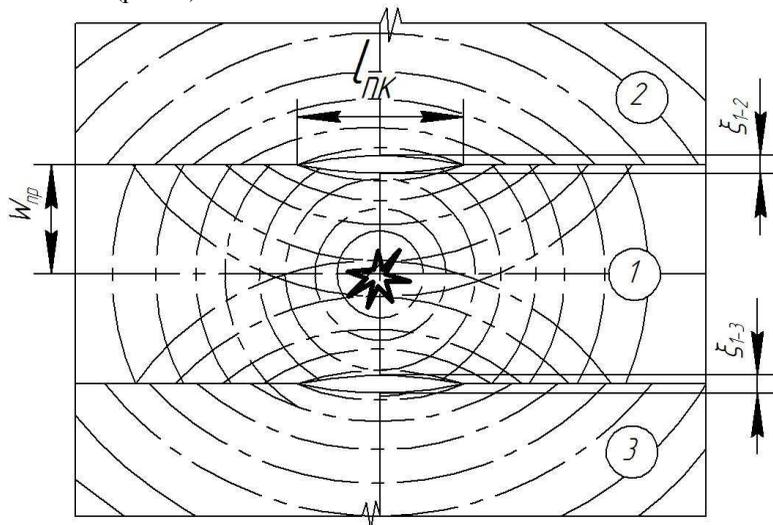


Рис. 1. Механизм разрушения слоистого массива пород

Слой породы (1) с высокими прочностными свойствами ограничен сверху и снизу слоями породы (2 и 3) с отличными от него и друг друга прочностными характеристиками. При взрыве цилиндрического за-

ряда взрывчатого вещества, расположенного в слое (1), формируется взрывная волна. Максимальная скорость смещения во фронте взрывной волны /1/ составляет:

$$U_{R \max} = \frac{\sigma_{R \max}}{\rho C_p} \cdot g,$$

где $\sigma_{R \max}$ – максимальное напряжение сжатия; ρC_p – акустическая жесткость породы; g – ускорение свободного падения.

Величина смещений породы за время действия взрывной волны с фазой сжатия длительностью τ будет равна:

$$\xi = \int_0^{\tau} U_{R \max}(t) dt.$$

Так как величина смещения для различных пород неодинакова, то на их контакте происходит разрыв слоев с образованием трещины, толщиной:

$$\Delta \xi_{1-2} = |\xi_1 - \xi_2|, \quad \Delta \xi_{1-3} = |\xi_1 - \xi_3|.$$

Ширина зоны поражения контакта трещиной определяется из выражения:

$$l_{ПК} = 2 \sqrt{R_0^2 \cdot \frac{\sigma_0}{[\sigma]} \cdot 3 \sqrt{\frac{\sigma_0}{[\sigma]}} - W_{np}^2},$$

где σ_0 – напряжения, возникающие при взрыве цилиндрического

заряда радиусом R_0

$[\sigma]$ – предел прочности породы на сжатие;

W_{np} – приведенная линия наименьшего сопротивления.

Под действием интерференции падающей и отраженной взрывных волн напряжений /2/ происходит увеличение размеров первоначально образованной микротрещины. Поверхностью отражения волн становится уже плоскость «горная порода – воздух», поэтому падающая волна сжатия, отражаясь от плоскости трещины, полностью трансформируется в волну растяжения. При падении волны на плоскую отражающую поверхность, отраженная волна, согласно принципу Гюйгенса, имеет тот же фронт, что и падающая, поэтому зона трещинообразования будет иметь форму падающей цилиндрической взрывной волны.

Структурно-неоднородные труднообрушаемые кровли угольных пластов Донбасса представлены, как правило, тремя и более различными слоями пород, включая и маломощные пропластки угля. Одним из существенных резервов повышения эффективности разрушающего действия взрывных волн является использование контактов разнопрочностных горных пород в качестве «свободной поверхности». В приведенной ниже таблице показано как количественно изменяется величина относительной энергии преломленных (числитель) и отраженных (знаменатель) взрывных волн на контактах различных пород и угля в процентах:

Таблица

Горная порода, уголь	Алевролит	Аргиллит	Песчаник	Известняк	Уголь
Алевролит	$\frac{100}{0}$	$\frac{99,75}{0,25}$	$\frac{98,45}{1,55}$	$\frac{95,90}{4,10}$	$\frac{82,90}{17,10}$
Аргиллит	$\frac{99,75}{0,25}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{97,15}{2,85}$	$\frac{94,35}{5,65}$	$\frac{86,05}{13,95}$
Песчаник	$\frac{98,45}{1,55}$	$\frac{97,15}{2,85}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{99,40}{0,60}$	$\frac{74,20}{25,80}$
Известняк	$\frac{95,90}{4,10}$	$\frac{94,35}{5,65}$	$\frac{99,40}{0,60}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{68,10}{31,90}$
Уголь	$\frac{82,90}{17,10}$	$\frac{86,05}{13,95}$	$\frac{74,20}{25,80}$	$\frac{68,10}{31,90}$	$\frac{100}{0}$

Например, при нормальном падении взрывной волны на поверхность раздела (известняк-уголь) 31,9% ее энергии отражается в виде волны растяжения, энергии которой достаточно для разрушения крепких пород, так как предел прочности породы на растяжение на порядок меньше предела прочности породы на сжатие.

На практике эффективность разупрочнения структурно-неоднородной труднообрушаемой кровли оценивалась коэффициентом поражения контакта:

$$K_{нк} = \frac{l_{нк} \cdot \sum l_{скв}}{L \cdot l_{л}}$$

где $\sum l_{скв}$ – суммарная длина взрываемых скважин;

L – шаг периодических осадок труднообрушаемой кровли;

$l_{л}$ – длина лавы.

В условиях экспериментального очистного участка /3/ шахты имени Г.Г. Капустина производственного объединения «Лисичанскуголь», в 6-й западной лаве пласта k_8^H , коэффициент поражения контакта (аргиллит-известняк) составил 0,32. При отработке выемочного участка, протяженностью 750 метров, не было зарегистрировано ни одного случая зажатия секций механизированной крепи, а шаг периодических осадок основной кровли уменьшился с 25-30 метров до 16-17 метров.

По классификации профессора А.Н. Ханукаева /4/ породы труднообрушаемых кровель с учетом их акустической жесткости относятся ко второй и третьей группам, а это означает, что разрушения, обусловленные непосредственным воздействием расширяющихся газообразных продуктов взрыва на стенки зарядной полости, незначительны и носят местный характер. Наибольшие же разрушения пород вызваны действием падающей и отраженной взрывных волн напряжений от свободной поверхности или от контактов разнопрочностных слоев пород.

Выводы. Недостаток – структурную неоднородность пород труднообрушаемой кровли – предлагается рассматривать, как преимущество для повышения эффективности разупрочнения труднообрушаемого слоя за счет использования «природных экранов» путем интерференции падающих и отраженных взрывных волн напряжений от границы разнопрочностных слоев. В таблице в процентах приведена количественная оценка действия «природных экранов», показана какая часть энергии падающих и отраженных взрывных волн напряжений принимает участие в разрушении породного слоя. Приведен качественный механизм разрушения неоднородного слоистого массива горных пород

энергией взрыва, процесс создания и раскрытия микротрещины, представлены формулы для определения количественной оценки степени разрушения пород. Проведена практическая апробация полученных теоретических результатов и разработок в условиях отработки угольного пласта со структурно-неоднородной труднообрушаемой кровлей 6-й западной лавы шахты имени Г. Г. Капустина производственного объединения «Лисичанскуголь» и получен положительный результат.

1. Баум Ф. А., Станюкович К. П., Шехтер Б. И. Физика взрыва, гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1959. – 800 с.
2. Борзых А. Ф., Новак А. И., Горохов К. И. Оценка действия взрывных волн в слоистом массиве // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1984. – № 4. – С. 40–43.
3. Борзых А. Ф., Новак А. И., Шабрацкий А. Г. Разупрочнение труднообрушаемой кровли при слоевом расположении скважин передового торпедирования, Уголь Украины. – 1981. – № 12. – С. 15–17.
4. Ханукаев А. Н. Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом. – М.: Госгортехиздат, 1962. – С. 47–57.

Рецензент: д.т.н., профессор Маланчук З. Р. (НУВГП)

Novak A. I., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

MECHANISM OF INHOMOGENEOUS LAYERED ROCK MASS FRAGMENTATION USING EXPLOSION ENERGY

The paper presents a qualitative and quantitative description of the destruction mechanism of an inhomogeneous layered rock mass of hard-destructible coal roof seams of Donbas using energy of blast stress waves. An example of using the layered rock heterogeneity for selective destruction of hard-destructible layer due to the interference of the incident and reflected shock waves of stress at the interface of rock layers with different strength. The practical implementation of the theoretical results obtained for the 6th western long face of the mine named after G.G. Kapustin of production association "Lisichansk Vugillia" (Lisichansk Coal) was considered.

Keywords: mine, the structure of rocks, hard-destructible coal roof, energy of blast stress waves, interference of the incident and reflected blast waves, waves of compression and tension, refraction and reflection of blast waves, strength loss of hard-destructible layer.

Новак А. І., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства и природопользования, г. Ровно)

МЕХАНІЗМ РУЙНУВАННЯ НЕОДНОРІДНОГО ШАРУВАТОГО МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД ЕНЕРГІЄЮ ВИБУХУ

У роботі представлено якісний та кількісний опис механізму руйнування неоднорідного шаруватого масиву гірських порід покрівлі, що важко обвалюються, вугільних пластів Донбасу енергією вибухових хвиль напружень. Наведено приклад використання неоднорідності масиву шаруватих порід для вибіркового руйнування шару, що важко обвалюється, за рахунок інтерференції падаючої і відбитої вибухових хвиль напружень на межі розділу шарів порід різної міцності. Представлена практична апробація отриманих теоретичних результатів в умовах 6-ї західної лави шахти імені Г. Г. Капустіна виробничого об'єднання «Лисичанськвугілля».

Ключові слова: шахта, структура порід, покрівля що важко обвалюється, енергія вибухових хвиль напружень, інтерференція падаючих і відбитих вибухових хвиль, хвилі стиснення і розтягування, заломлення і віддзеркалення вибухових хвиль, втрата міцності порід шару, що важко обвалюється.
