

УДК 624.01

Фролов А.А., к.т.н., доц., Котул А.И., студент гр. ОС-81м, Шнайдрок М.В., студент гр. ОБ-81м, НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА НА РАЗРУШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ВЗРЫВАТЫХ ВЕЩЕСТВ

При проведении подземных транспортных коммуникаций в скальных горных породах возникает необходимость в применении бурозрывного способа проходки. Одной из проблем применения такого способа является низкая эффективность использования энергии взрыва, т.е. разрушающая способность зарядов взрывчатых веществ (ВВ) имеет незначительный коэффициент полезного действия. Разрушающая способность зарядов ВВ – это способность отрывать от массива и дробить горную породу. Она характеризуется не абсолютной величиной энергии, выделившейся при взрыве, а лишь той частью, которая затрачивается на разрушение.

Разрушающая способность зарядов ВВ зависит от скорости детонации ВВ и поверхности его соприкосновения с разрушаемой породой. Эти величины определяют количество продуктов взрыва, которые проходят через поверхность соприкосновения заряда со средой в единицу времени.

При постоянной поверхности соприкосновения заряда с горной породой его разрушающая способность прямо пропорциональна скорости детонации ВВ. Поверхность соприкосновения зарядов с породой зависит от их формы и плотности. Чем больше эта площадь соприкосновения при постоянном объеме и массе заряда, тем большая часть энергии взрыва используется на разрушение. Однако увеличивать площадь контакта ВВ с породой изменением формы заряда можно, если это изменение лежит вне пределов критического диаметра ВВ. Увеличение поверхности контакта заряда постоянного объема и массы будет повышать его разрушающую способность до тех пор, пока уменьшение скорости детонации будет компенсироваться увеличением его поверхности.

Кроме того, разрушающую способность зарядов ВВ характеризуют теплота взрыва, объемная энергия, детонационное давление, давление на стенки зарядной полости [1]. Если теплота взрыва характеризует энергию, заключенную в единице массы ВВ, а объемная энергия – концентрацию энергии в единице объема ВВ, то детонационное давление характеризует бризантное действие взрыва и влияет на интенсивность измельчения среды. Детонационное давление определяется скоростью детонации и плотностью ВВ:

$$P_D = \frac{\rho_{ВВ} D^2}{4}, \quad (1)$$

где $\rho_{ВВ}$ – плотность ВВ; D – скорость распространения детонации по ВВ.

Скорость детонации характеризует скорость высвобождения тепловой энергии, заключенной в ВВ, и зависит от многих факторов, в том числе, от диаметра заряда, его плотности, размера частиц ВВ, степени герметизации зарядной полости, жесткости окружающей заряд среды, способа взрывания. Вместе с тем, скорость детонации без учета энергии, выделяемой единицей объема ВВ, не может в полной мере служить показателем разрушающего действия взрыва.

В некоторых случаях разрушающее действие взрыва характеризуют давлением на стенки зарядной полости, которое создается газообразными продуктами детонации. Давление газов в зарядной полости определяет энергию поршневого действия взрыва. Оно оказывает влияние на дробление и перемещение горных пород. Обычно считают, что давление на стенки зарядной полости равно половине детонационного давления.

Комплексным показателем, учитывающим одновременно количество высвобождаемой при взрыве энергии из единицы объема ВВ и скорость ее высвобождения, является коэффициент мощности взрывчатого вещества:

$$K_M = \rho_{ВВ} \cdot Q \cdot D, \quad (2)$$

где Q – теплота взрыва.

Коэффициент мощности взрывчатого вещества, судя по его размерности (кДж/м²с), представляет собой энергию, выделяющуюся через единицу площади поверхности ВВ в единицу времени, т.е. удельную энергию.

В работе [2] действие удлиненных цилиндрических зарядов на горную породу предлагается характеризовать удельной энергией, приходящейся на единицу боковой поверхности заряда:

$$E_{уд} = \frac{\rho_{ВВ} Q V}{S_{б.п.}}, \quad (3)$$

где V – объем ВВ; $S_{б.п.}$ – площадь боковой поверхности заряда.

Для цилиндрического заряда диаметром d и высотой h удельная энергия в соответствии с формулой (3) будет равна:

$$E_{уд} = \frac{\rho_{ВВ} Q d}{4}. \quad (4)$$

Следовательно, с увеличением диаметра заряда удельная энергия, которая передается массиву горных пород возрастает, а поэтому должна возрасти и его разрушающая способность. При этом должно соблюдаться условие обеспечения полного запираания ВВ в разрушаемой среде.

Для цилиндрических зарядов, имеющих выход на поверхность, с увеличением диаметра заряда резко ухудшается запирающее действие забоечного материала, вследствие чего снижается коэффициент полезного использования

энергии взрыва, что, в свою очередь, приводит к ухудшению качества дробления пород.

В соответствии с общепринятым механизмом действия взрыва в скальных горных породах при детонации, заключенная в ВВ энергия переходит в энергию ударной волны и энергию, связанную с расширяющимися продуктами детонации (поршневое действие взрыва). Согласно [3], на энергию ударной волны приходится не более 15 %, а на поршневое действие взрыва – до 50 % всей энергии, выделяющейся при взрыве. Однако на разрушающее действие взрыва основное влияние оказывает часть энергии взрыва, которая переходит в ударную волну.

Для характеристики доли энергии ударной волны, перешедшей из заряда в горную породу, принят коэффициент преломления, который зависит от акустических импедансов ВВ и разрушаемой среды [4]:

$$K_{\text{пр}} = \frac{4Z}{(Z+1)^2}, \quad (5)$$

где $Z = \frac{\rho_{\text{ВВ}} D}{\rho_{\text{п}} c_{\text{р}}}$, $\rho_{\text{п}}$ – плотность горной породы; c – скорость распространения продольных волн в породе.

Чем ближе коэффициент преломления к единице, тем большая часть энергии ВВ переходит в ударную волну

Таким образом, на разрушающую способность цилиндрических зарядов ВВ в скальных горных породах оказывает влияние несколько выше-рассмотренных факторов. Однако, в связи с тем, что не вся высвобождаемая энергия расходуется на полезную работу, т.е. на разрушение, то не всегда увеличение высвобождаемой энергии влечет за собой увеличение полезной работы взрыва. Поэтому для повышения коэффициента действия взрыва необходимо провести дальнейшие исследования по разработке новых способов управляемого регулирования удельной энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барон В.Л. Техника и технология взрывных работ в США / В.Л. Барон, К.Х. Кантор. – М.: Недра, 1989. – 376 с.
2. Ханукаев А.Н. Критерий оценки взрывчатого вещества и его действие на горные породы / А.Н. Ханукаев, К.С. Ханукаева // Изв. вузов. Горный журнал. – 1993. – №1. – С.68-74.
3. Техника и технология взрывных работ на рудниках / [под общ. ред. Г.П. Демидюка]. – М.: Недра, 1978. – 289 с.
4. Азаркович А.Е. Оценка относительной взрывной эффективности различных взрывчатых веществ массивов горных пород / А.Е. Азаркович, М.М. Шуйфер // Физико-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. – 1997. – №2. – С. 47-51.