

Экспериментальные исследования по проверке описанного способа проводились на гранитном карьере ККУ «Кварц».

По данным фотосъемки установлено, что на левом фланге отбиваемого уступа, где располагались емкости с водой, развитие процесса пылегазовыделения подавлено вплоть до 558 мс от начала отсчета развития взрыва. В этот период наблюдается разлет жидкости, а затем через 90 мс прорыв газообразных продуктов детонации.

По фотосъемке этого же массового взрыва определяли содержание вредных газов (в пересчете на СО). Так, для 8 экспериментальных скважин, заряженных граммонитом 50/50, вокруг которых размещали цилиндрические тороидальные емкости с водой, содержание вредных газов составило 0,0014 %. В то же время в пылегазовом облаке, образованном при взрыве скважинных зарядов граммонита 50/50 в средней части обводненного блока, где отсутствовали емкости с водой, содержание вредных газов (в пересчете на СО) составило 0,0024 %, то есть почти в два раза больше.

Для этого же массового взрыва было произведено сравнительное определение количества выделившейся пыли. В случае применения вокруг скважины емкостей с водой образуется в 2 раза меньше пыли, чем при применении граммонита 50/50 без водоподавления.

1. Пат. 3388. Украина, МКИ⁴ Е 21 – 5/02. Способ борьбы с пылегазовым облаком при взрывных работах/ Э.И. Ефремов, С.В. Назаренко, С.Н. Родак, С.Н. Гринько, Н.И. Мячина (Украина) – 4927239; Заявлено 13.02.91. Опубл. 15.06.94, Бюл. № 6-1.

УДК 622.235

В.Д. Петренко, В.А. Никифорова, В.Н. Коновал

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ВЫЛЕТА ЗАБОЙКИ ИЗ МЕЛКОРАЗДРОБЛЕННОЙ ПОРОДЫ ПРИ ВЗРЫВЕ

Наличие забойки увеличивает начальное давление в зарядной полости и время воздействия продуктов детонации на разрушаемый массив. Поэтому она является важным фактором управления параметрами взрывного импульса. Забойка улучшает условия протекания взрывчатого превращения и снижает выброс вредных газов в атмосферу.

Оценим время уплотнения забойки из зернистого материала, состоящего из частиц породы с воздушными промежутками между ними.

При детонации ВВ в прилегающей к заряду породе распространяется ударная волна, с удалением от него переходящая в волну напряжений. Напряжения в волне достаточны для разрушения породы. После детонации ВВ распространяется ударная волна по забойке. Однако в области расположения забойки напряжения в прилегающей к ней породе оказываются гораздо ниже напряжений в области, прилегающей к ВВ. На границе забойки и заряда в массиве породы создается высокий градиент напряжений, вследствие чего в этой области происходит первоочередное разрушение породы за счет возникающих сдвиговых напряжений. Газообразные продукты взрыва, проникающие в образующиеся при этом трещины осуществляют квазистатическое нагружение породы.

В это же время при прохождении ударной волны по забойке происходит ее уплотнение. Пусть $\rho_{0з}$ и $\rho_з$ – соответственно, плотность материала забойки перед и за фронтом ударной волны. Процесс уплотнения заканчивается по достижении фронтом ударной волны конца забойки. Затем от конца забойки в обратном направлении распространяется волна разряжения, сопровождающаяся перераспределением напряжений в забойке. Процесс разгрузки закончится после прохождения разрежения всей длины уплотненной забойки. Далее должно начаться смещение забойки как единого целого [1]. Оценим время уплотнения забойки отношением

$$t_{упл} = h_з / D_{уз},$$

где $D_{уз}$ – скорость ударной волны в забойке.

Так как забоечный материал состоит из частиц породы, занимающих объем V_n с воздушными промежутками между ними, предположим, что в ударной волне, формируемой в забоечном материале, происходит не деформация, а лишь переукладка несжимаемых ею частиц. Это довольно строгое допущение, т.к. давления, имеющие место при взрыве, достаточны, чтобы произвести переукладку частиц, но недостаточны для их сжатия [2]. Определим начальные параметры ударной волны в забоечном материале. Если параметры невозмущенного материала забойки: плотность – $\rho_{0з}$, скорость частиц – $u_{0з}$, давление – $P_{0з}$, а $\rho_{1з}$, $u_{1з}$, $P_{1з}$ – те же параметры за фронтом ударной волны, запишем законы сохранения массы и импульса для среды, по которой

прошла ударная волна [3] с учетом, что скорость частиц в невозмущенном материале $u_{0z} = 0$

$$\begin{cases} \rho_{0z} D_{yz} = \rho_{1z} (D_{yz} - u_{1z}) \\ P_{1z} - P_{0z} = \rho_{0z} D_{yz} u_{1z} \end{cases} \quad (2)$$

Из системы (2) следует

$$D_{yz} = \sqrt{\frac{\rho_{1z} (P_{1z} - P_{0z})}{\rho_{0z} (\rho_{1z} - \rho_{0z})}} \quad (3)$$

Выразим параметры ударной волны в забойке через параметры детонационной волны, породившей эту волну.

Начальная плотность забойки ρ_{0z} и плотность забойки после прохождения ударной волны ρ_{1z} может быть записана

$$\rho_{0z} = \frac{m}{V_{II} + V_{0a}}, \quad \rho_{1z} = \frac{m}{V_{II} + V_{1a}}, \quad (4)$$

где m – масса забойки, V_{0a} и V_{1a} – объем воздуха в начальном состоянии и после прохождения ударной волны соответственно.

При рассматриваемых давлениях в ударной волне материал породы можно считать практически несжимаемым, зависимость плотности материала забойки от давления в ударной волне можно получить, исходя из уравнения состояния для воздуха с показателем адиабаты $\gamma = 1,4$, при наличии воздуха $P_{0a} = 0,1$ МПа [4].

В результате переукладки частиц и сжатия воздуха объем забойки уменьшится на

$$\Delta V = V_{0a} \left[1 - \left(\frac{P_{0a}}{P_{1a}} \right)^{1/\gamma} \right] \quad (5)$$

Этот объем займут образовавшиеся при детонации ВВ газообразные продукты, начальный объем которых ограничивается объемом зарядной полости – V_{BB} . Конечный их объем $V_1 = V_{BB} + \Delta V$. Начальное давление взрывных газов примем равным $P_H = \rho_{BB} D^2 / 8$. С учетом уравнения состояния взрывных газов [5] получаем уравнение

$$\left(\frac{P_H}{P_1} \right)^{\frac{1}{3}} = 1 + \frac{V_{0a}}{V_{BB}} \left[1 - \left(\frac{P_{0a}}{P_{1a}} \right)^{1/\gamma} \right], \quad (6)$$

которое после введения коэффициента разрыхления K_p [6] принимает вид

$$\left(\frac{P_H}{P_1}\right)^{\frac{1}{3}} = 1 + \frac{h_3}{h_{BB}} \left[1 - \left(\frac{P_{0e}}{P_{1e}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \right]. \quad (7)$$

Это уравнение позволяет при заданном типе ВВ, высоте ВВ (h_{BB}) и забойки (h_3) позволяет определить давление в ударной волне в забойке. Для аммонита 6ЖВ $P_H = 3125$ МПа, $h_3 = 4,5$ м, $h_{BB} = 7,2$ м, $K_p = 1,3$ решение уравнения (7) дает $P_{1e} = 2087$ МПа. Оценка ρ_{13} показывает, что $\rho_{13} \approx \rho_{п}$. После этого по формуле (3) найдена скорость ударной волны в забойке $D_{y3} = 1890$ м/с.

Зная скорость ударной волны в забойке, можно оценить время уплотнения забойки, а следовательно, длительность задержки газообразных продуктов в зарядной полости. Вылет забойки для заданных условий начнется через $t = 2h_3 / D_{y3} \approx 5$ мс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаков А.А., Коковкин В.П. Модельные исследования поведения забойки и расчет импульса при взрыве скважинных зарядов // Физ.-техн. пробл. разраб. полезн. ископаемых, 1979. - № 4. - С. 29-38.
2. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. - М.: Наука, 1966. - 586 с.
3. Физика взрыва / Ф.А. Баум, Л.П. Орленко, К.П. Станюкович и др. - М.: Наука, 1975, - 704 с.
4. Станюкович К.П. Неустановившееся движение сплошной среды. - М.: Наука, 1971. - 855 с.
5. Покровский Г.П. Взрыв. - М.: Недра, 1967. - 173 с.
6. Ржевский В.В., Новик Г.С. Основы физики горных пород. - М.: Недра, 1984. - 360 с.