

УДК 622.235

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ОТРАЖЕННЫХ ОТ ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛН НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ХРУПКИХ ПОРОД

*Литовченко А.С., Воробьев В.В., Литовченко С.А.
Кременчугский государственный политехнический университет*

Введение. Разрушение хрупких горных пород взрывом обусловлено прохождением ударной волны и квазистатическим действием продуктов детонации. Роль прямых ударных волн сжатия в настоящее время изучена достаточно подробно. Роль волн растяжения, отраженных от дневной поверхности, изучена недостаточно. Существует точка зрения [1], что отрыв породы от дневной поверхности происходит именно благодаря формированию отраженной волны. Одним из подтверждений данного подхода является тот факт, что донная часть скважин остается неразрушенной. Остается так называемый "стакан", наличие которого приводит к необходимости бурения скважин ниже проектной отметки разрабатываемого блока (выполнять перебур). Образование "стакана" объясняется ослаблением амплитуды отраженной волны по мере ее прохождения вглубь массива.

Согласно другому подходу разрушение хрупких пород вблизи дневной поверхности происходит за счет образования призм сдвига [2]. Образование "стакана" в этом случае объясняется резким возрастанием площади основания призмы сдвига (соответственно уменьшением касательных напряжений) по мере удаления от дневной поверхности.

Наличие двух подходов свидетельствует о том, что окончательной ясности относительно механизма разрушения хрупких горных пород за счет действия отраженной от дневной поверхности волны нет. Следовательно, механизм образования "стакана" изучен также недостаточно.

Цель работы. Изучение роли отраженной от дневной поверхности волны растяжения в процессе разрушения материала импульсными нагрузками.

Материал и результаты исследований. Экспериментальные исследования были выполнены путем высокоскоростной фоторегистрации процесса распространения прямых и отраженных волн, генерируемых взрывом шпуровых зарядов в блоках из оргстекла. Съёмку производили с помощью скоростной камеры ВСК-5 в проходящем свете.

Заряды формировали по методике описанной в [3], применение которой обеспечивало уменьшение габаритов моделей.

В первой серии экспериментов изучали влияние отраженной от свободной поверхности волны напряжений на процесс трещинообразования при взрыве одиночных зарядов. Глубина шпура составляла $l_{ш} = 50$ мм, $d_{ш} = 2$ мм, $m_t = 55$ мг.

Анализ полученных снимков (рис. 1) показал

следующее:

1. При инициирование зарядов "сверху" светлые полосы, соответствующие положению фронтов волн в данный момент времени, имеют разную яркость для волн, распространяющихся вглубь модели и к дневной поверхности. Это свидетельствует о том, что амплитуда волны сжатия, идущей вглубь взрываемого массива, больше по сравнению с амплитудой волны, распространяющейся в направлении к дневной поверхности. Данный факт можно объяснить тем, что зона генерирования волны (фронт детонационной волны) движется в направлении фронта ударной волны со скоростью близкой по значению к ней. Вследствие этого происходит "подкачка" энергии в ударную волну.

При выходе волны сжатия на дневную поверхность (12 - 14 мкс от начала инициирования), наблюдается формирование отраженной волны растяжения, которая распространяющаяся вглубь массива. Однако, как следует из фотографий приведенных на рис. 1, ее прохождение не влечет за собой разрушение модели вблизи дневной поверхности. Выпучивание этой поверхности происходит только через 40 - 44 мкс от начала инициирования, т. е. значительно позже развития волновых процессов.

2. При "центральном" инициировании зарядов (рис. 2.) интенсивность волн идущих вглубь и к дневной поверхности приблизительно одинаковая. Причем выход волны на поверхность наблюдали через 10 - 12 мкс после инициирования заряда.

Вклад отраженной волны в разрушение, так же как и в первом случае, свелся только к небольшому увеличению скорости развития радиальных трещин.

Выпучивание дневной поверхности наблюдали через 46 - 48 мкс от начала инициирования.

Таким образом, отраженные от дневной поверхности волны практически не влияют на разрушение моделей в области, примыкающей к дневной поверхности. Следовательно их вклад в разрушении материала на более глубоких уровнях также незначителен.

Во второй серии экспериментов исследовали волновые процессы при взаимодействии двух зарядов. Для этого были использованы блоки из оргстекла размерами 130x110x50. Шпуры сверлили диаметром $d_{ш} = 2$ мм и длиной $l_{ш} = 50$ мм в грани размером 130x50.

Высота колонки заряда составляла 18 мм, что обеспечивало коэффициент удлинения $K_y = 9$. В качестве инициирующего устройства использовали разрядники [4]. Масса заряда в одном шпуре

составляла $m_T = 55$ мг (тэн).

Иницирование зарядов производили от импульсного трансформатора, первичная обмотка которого была включена в цепь импульсной лампы [5], обеспечивающей подсветку моделей. Благодаря использованию разрядника несинхронность времени инициирования зарядов не превышала 0,5 мкс.

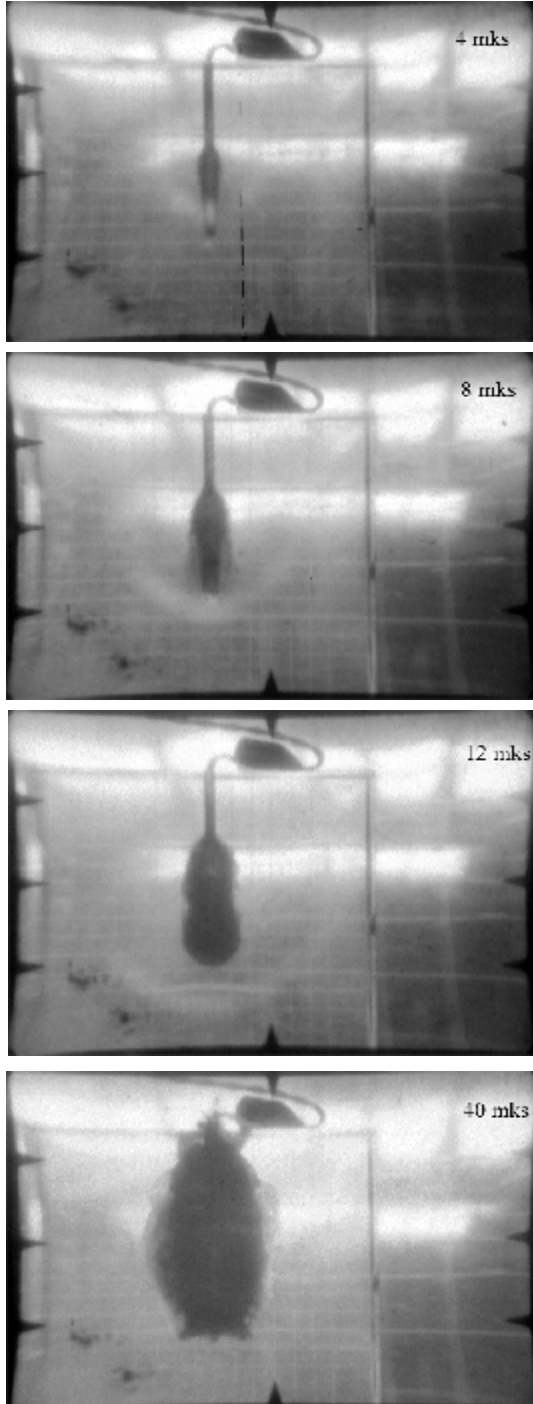


Рисунок 1 – Распространение волны сжатия при верхнем иницировании одиночного заряда

Для моделирования условий расположения зарядов в полупространстве, блок оргстекла зажимали в полосчатой оправке (рис. 3). Полосчатая оправка 1 представляет собой согнутую полосу ме-

талла, шириной 4 см, длина которой выступает за края обжимаемой модели. В оба конца оправки вставлены металлические шпильки 2. Между зажатými оправками помещалась модель 3 с засверленными в ней шурупами 4.

Фоторегистрация процесса разрушения моделей (рис. 4) показала следующее:

1. Взаимодействие фронтов ударных волн

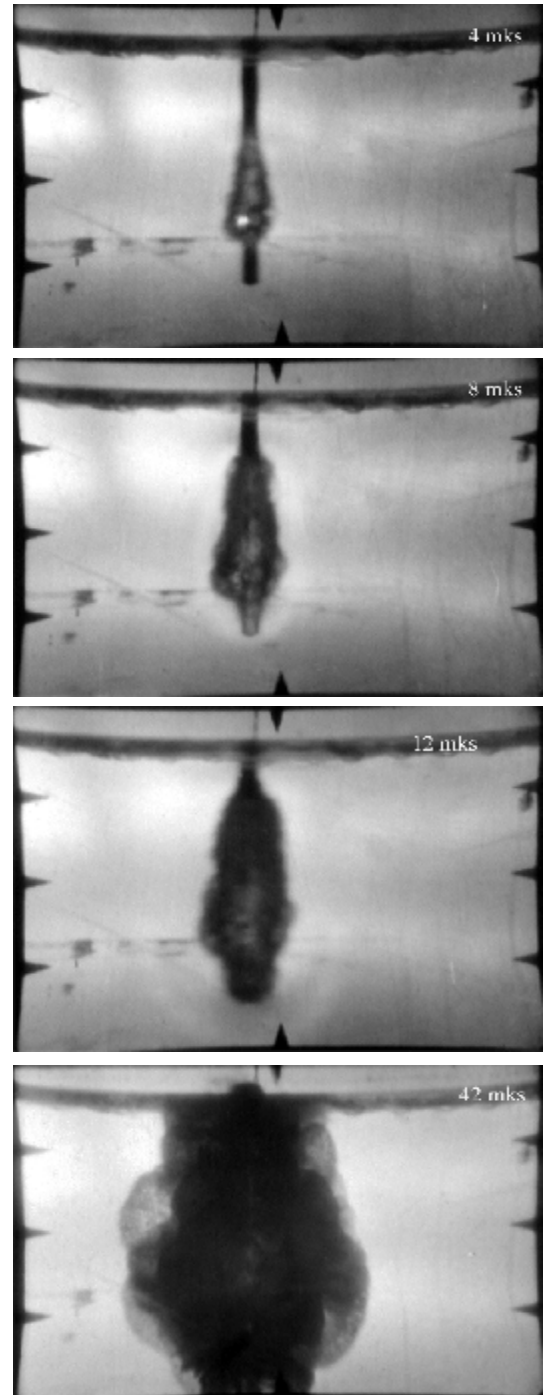


Рисунок 2 – Распространение волны сжатия при центральном иницировании одиночного заряда

групп зарядов приводит к тому, что в сторону дневной поверхности распространяется квазиплоская ударная волна. Однако, такая трансформация волны практически не влияет на время ее выхода

на дневную поверхность (10 - 14 мкс для одиночного и 12 - 14 мкс для двух зарядов). Небольшое отличие этих времен объясняется меньшей точностью определения время выхода волны с большей кривизной на дневную поверхность.

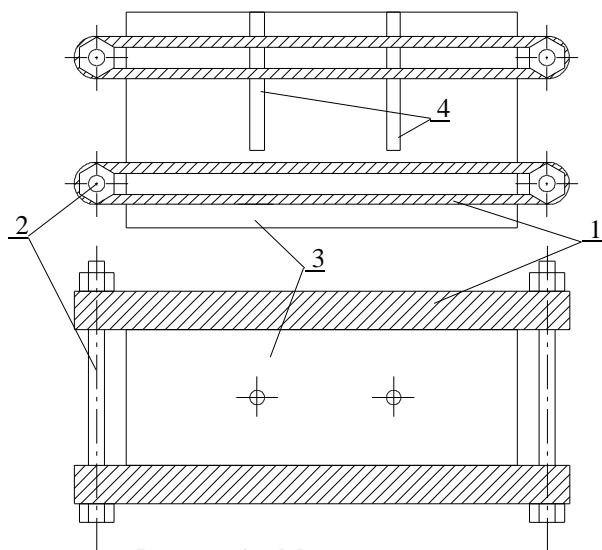


Рисунок 3 – Модель из оргстекла

2. Выпучивание дневной поверхности происходит через 42 - 44 мкс от начала инициирования, что также практически совпадает со временем выпучивания для одиночного заряда.

3. При взрыве групп зарядов отраженная волна растяжения становится также квазиплоской. В силу этого ее амплитуда по мере распространения вглубь массива убывает медленнее, тем не менее, ее вклад в разрушение модели так же практически не проявляется.

Выводы. Проведенные эксперименты показали следующее:

1. Вклад отраженной от дневной поверхности волны напряжения незначителен в разрушении хрупкой породы. Этот экспериментальный факт полностью согласуется с теоретическими результатами, полученными независимыми авторами [6].

2. Механизм неразрушения донной части скважины (механизм образования "стакана") не может быть объяснен действием отраженных волн напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физика взрыва / Ф.А. Баум, Л.П. Орленко, К.П. Станюкович и др. М., Наука, 1975.
2. Детонационные волны в конденсированных средах /А.Н. Дремин, С.Д. Савров, В.С. Трофимов и др. М., Наука, 1970.
3. Литовченко А.С. Методика инициирования зарядов с диаметром меньше критического. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Збірник наукових праць КДПУ.- Вип. №1/2004(24). Кременчук: КДПУ, 2004. С.65-67.
4. Литовченко С.А. Исследование механизма действия и обоснование параметров зарядов ВВ с газообразующими компонентами: Дис... канд. техн. наук: 05.15.11. Кременчуг 2003.

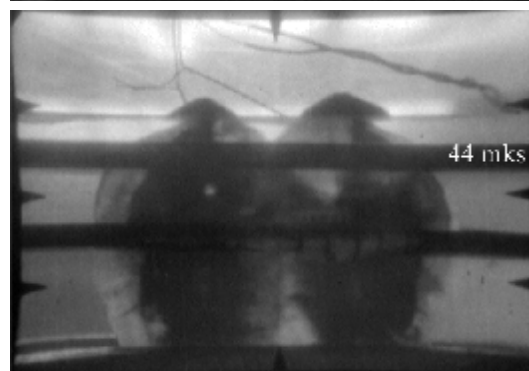
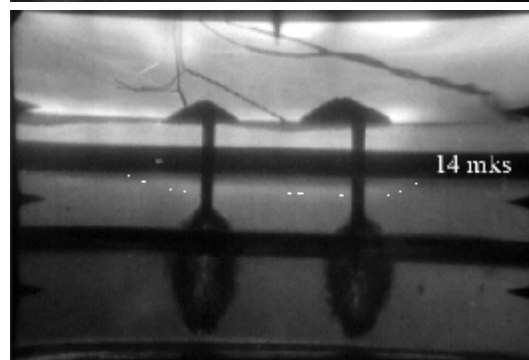
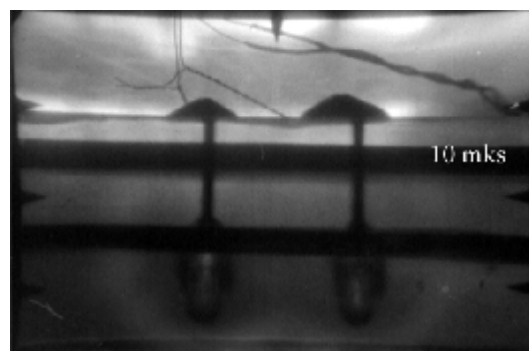
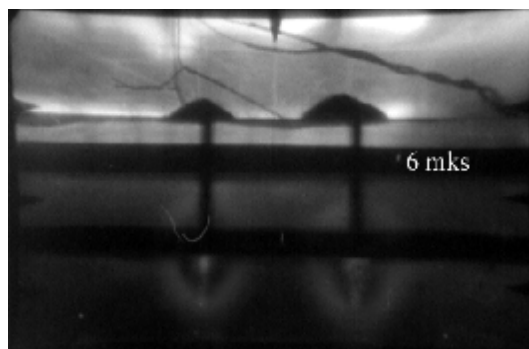


Рисунок 4 – Распространение волны сжатия при верхнем инициировании двойного заряда

5. Комир В.М., Кунаков Е.Ю., Литовченко С.А. Исследование характера движения жидкости в узкой щели. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Збірник наукових праць КДПУ.- Вип. №2/2003(19). Кременчук: КДПУ, 2003. С.138-140

6. Викторов С.Д., Казаков Н.Н. Параметры волны в зоне дробления породы взрывом. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Збірник наукових праць КДПУ.- Вип. №6/2005(35). Кременчук: КДПУ, 2005. С.141-143.

Статья поступила 14.03.06 г.