

REFERENCES

1. Shashenko, O.M., (2002) "Rock mechanics". National Mining University, Dnipropetrovsk, 303 p.
2. Kambefor A. (1971) "Injection of soils", [Translate from French], Energy, Moscow, Russia.
3. Hasonov, I.D., Fedyukin, B.A., Schuplik, M.H., (1983) "About technologies of underground construction", Moscow, Russia.
4. Shapoval, V.G., Morkljanik, B.V. (2009), "Osnovaniya i fundamenti teplovyh nasosov" [Bases and foundations of heat pumps], Spolom, Lviv, Ukraine.
5. Shapoval, V.G., Morkljanik B.V., (2011), *Temperaturnye polja v osnovaniyah teplovyh nasosov*, [Temperature fields in the grounds of heat pumps], Porogi, Dnipropetrovsk, Ukraine.
6. Kozlova O.A. (1967) "Crystal growth", Moscow State University Press, p. 239, Moscow, Russia.
7. DBN V.2.1-10-2009, (2009), "Bases and foundations of structures", Minregionbud p. 104, Kiev, Ukraine.
8. Shapoval V.G., Sedin V.L., Shapoval A.V., Morklyanik B.V., Andreev V.S., (2010) "Soil mechanics", Textbook, p. 168, Porogi, Dnipropetrovsk, Ukraine.
9. Florin V.A., (1959) "Fundamentals of Soil Mechanics", Volume 1, Gosstroizdat, p. 357, Leningrad, Russia.
10. Zaretsky J.K., (1989) "Lectures on modern soil mechanics", p. 608, Rostov-on-Don, Russia.
11. Shapoval A.V., Shapoval V.G. (2009) "Coherent theory of filtration consolidation", Monograph, p. 311, Porogi, Dnipropetrovsk, Ukraine..
12. Korn G., Korn T., (1974), Mathematical Handbook, p. 840, Nauka, Moscow, Russia.

Статья надійшла 05.11.2014.

УДК 622.235.8

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ЗАРЯДА НА ХАРАКТЕР
РАЗРУШЕНИЯ ТВЕРДЫХ СРЕД ВЗРЫВОМ**

В. Д. Петренко

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. академика В. Лазаряна

ул. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, 49010, Украина.

E-mail: dnurt@diit.edu.ua, evm@diit.edu.ua

С. В. Коновал

Черкасский государственный технологический университет

бул. Т. Шевченко, 460, г. Черкассы, 18000, Украина.

E-mail: seryoga.conoval@yandex.ru

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований, с применением скоростной фоторегистрирующей установки и особенности разрушения твердых сред зарядами взрывчатых веществ различной формы сечения. Экспериментально подтверждена эффективность нового способа формирования неоднородного поля напряжений на внутренней поверхности зарядных полостей по длине цилиндрического заряда при нагружении твердых сред взрывом. Установлено, что разноградиентное поле напряжений по колонке заряда (растягивающие напряжения преобладают над сжимающими) реализуется путем размещения внутри цилиндрических полостей зарядов с различной формой поперечного сечения. В полигонных условиях на моделях из оптически активных материалов исследован характер их разрушения зарядами взрывчатых веществ различной формы поперечного сечения. Проведен сравнительный анализ особенностей разрушения твердых сред зарядами взрывчатых веществ различной формы.

Ключевые слова: взрывчатое вещество, взрывное нагружение, твердая среда, заряды взрывчатых веществ различной формы, взрывное разрушение.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ПЕРЕТИНУ ЗАРЯДУ НА ХАРАКТЕР РУЙНУВАННЯ ТВЕРДИХ СЕРЕДОВИЩ ВИБУХОМ

В. Д. Петренко

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. академіка В. Лазаряна

вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна.

E-mail: dnurt@diit.edu.ua, evm@diit.edu.ua

С. В. Коновал

Черкаський державний технологічний університет

бул. Т. Шевченка, 460, м. Черкаси, 18000, Україна.

E-mail: seryoga.conoval@yandex.ru

Розглянуто результати експериментальних досліджень, виконаних за допомогою швидкісної фотореєструючої установки і особливості руйнування твердих середовищ зарядами вибухових речовин різної форми перетину. Експериментально підтверджена ефективність нового способу формування неоднорідного поля напружень на внутрішній поверхні зарядних порожнин по довжині циліндричного заряду при навантаженні твердих середовищ вибухом. Встановлено, що разноградиентне поле напружень по колонці заряду (розтягуючі напруження переважають над стискаючими) реалізується шляхом розміщення в середині циліндричних порожнин зарядів різної форми перетину. У полігонних умовах на моделях з оптично активних матеріалів досліджено характер їх руйнування зарядами вибухових речовин різної форми перетину. Проведено порівняльний аналіз особливостей руйнування твердих середовищ зарядами вибухових речовин різної форми.

Ключові слова: вибухова речовина, вибухове навантаження, тверде середовище, заряди вибухових речовин різної форми, вибухове руйнування.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Регулирование величины удельной энергии взрыва при разрушении горных пород возможно различными путями. В частности, это достигается за счет изменения площади непосредственного контакта скважинного заряда взрывчатых веществ (ВВ) с разрушаемой породой или создания условий, обеспечивающих снижение динамического воздействия взрыва на поверхность зарядной полости [1–3].

Для эффективного управления действием взрыва необходимо учитывать, что предел прочности горных пород на растяжение и сдвиг примерно в 10 раз меньше предела прочности горных пород на сжатие. А поскольку энергоемкость разрушения твердых сред пропорциональна квадрату их предела прочности при конкретном виде нагружения, то энергоемкость разрушения твердых сред растягивающими силами в 100 раз меньше энергоемкости разрушения при действии сжимающих напряжений. При взрыве цилиндрических зарядов увеличение роли растягивающих напряжений в разрушении твердой среды может достигаться при формировании удлиненных зарядов переменной формы по их длине, а при использовании зарядов различной формы поперечного сечения.

Существует целый ряд способов формирования удлиненных зарядов различной конфигурации как по дине его, так и в поперечном сечении [4]:

- это создание в пробуренных цилиндрических полостях расширенных участков диаметром, большим диаметра первичной полости [5, 6];
- заряды переменного сечения можно формировать при размещении ВВ в полиэтиленовых оболочках переменного сечения [7];
- заряды переменного сечения могут быть созданы при формировании внутри зарядной полости сплошной колонки ВВ переменного сечения в форме конуса или ступенчато уменьшающегося диаметра заряда к устью скважины. Создавать заряды переменного сечения можно также путем размещения внутри зарядных полостей полых фигур из инертных материалов с целью перераспределения направления действия взрыва [8].

Отсюда следует, что снижение интенсивности динамического воздействия взрыва на стенки скважин достигается за счет уменьшения площади непосредственного контакта, т.е. создания инертного зазора между зарядом ВВ и поверхностью зарядной полости путем использования скважинного заряда ступенчатой формы, зарядов ВВ переменного сечения по высоте и зарядов ВВ, размещенных в цилиндрических зарядных полостях различной формы поперечного сечения.

Цель работы – экспериментальные исследования в лабораторных условиях влияния различной формы поперечного сечения зарядов на характер и эффективность взрывного разрушения твердых сред.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для изучения особенностей механизма взрывного разрушения горного массива зарядами ВВ различных конструкций с изменяющейся формой поперечного сечения, а также изучения процесса возникновения, распространения волн напряжений и характера трещинообразования, важно знать качественную картину процесса разрушения среды. Данные о характере разрушения твердой среды на волновой стадии действия

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

взрыва можно получить при проведении экспериментальных исследований на оптически активных материалах – листовом органическом стекле (полиметилметакрилате) со стабильными прочностными, механическими и оптическими константами. Для изготовления моделей применялось листовое органическое стекло постоянной толщины 0,015 и 0,035 м. С помощью ленточной или дисковой пилы в лаборатории вырезали модели размером 0,2×0,2 и 0,15×0,2 м.

Методикой предусматривалось три серии экспериментальных исследований с различными формами зарядных полостей: цилиндрической, квадратной и треугольной. Одна часть экспериментов проводилась на моделях размером 0,2×0,2 м и толщиной 0,015 м, а другая – на моделях размером 0,15×0,2 м и толщиной 0,035 м.

На подготовленных моделях фломастером для удобства изучения и оценки характера развития трещин, формы и размеров зоны переизмельчения проводились осевые линии, в местах пересечения которых, в центре модели (размером 0,2×0,2 м и толщиной 0,015 м) сверлом диаметром 4,5-5,0 мм формировалась цилиндрическая взрывная полость на всю толщину модели, а в других моделях (размером 0,15×0,2 м и толщиной 0,035 м) в центре торцевой части узкой грани модели – полости диаметром 5–6 мм длиной 110 мм. Затем лобзиком или надфилем цилиндрической полости придавалась квадратная и треугольная форма с ребром 4–5 мм. В подготовленные взрывные полости размещали высокобризантное взрывчатое вещество массой 150 мг с инициатором. Формирование удлиненных зарядов соответствующего профиля поперечного сечения с постоянной массой ВВ проводилось в изготовленных бумажных профилях. Затем подготовленные заряды с инициатором устанавливались в цилиндрическую полость в модели, устье которой герметизировалось забойкой. Инициирование заряда осуществлялось нихромовым мостиком электрическим разрядом высокой мощности. При проведении экспериментальных взрывов на моделях из органического стекла соблюдалось постоянство площади поперечного сечения заряда, его масса, расположения точки инициирования и типа применяемого ВВ. Размер модели выбран исходя из размера поля зрения камеры СФР–2М. Основные требования к модели среды – возможность регистрации и последующее изучение процесса трещинообразования и сдвижения во времени, а также отсутствие откольных явлений по контуру модели при взрыве заряда ВВ. Внешний вид конструкций зарядов приведен на рис. 1.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях испытательного полигона Государственного ВУЗа «Национальный горный университет» (карьер «Рыбальский», г. Днепропетровск) с использованием метода скоростной фоторегистрации процесса в сочетании с поляризационно-оптическим методом исследования напряжений в режиме лупы времени. Характер разрушения модели регистрировали с использованием специального стенда, который состоит из: фоторегистрирующей установки СФР–2М, импульсной лампы ИСШ–300, системы линз, фокусирующих световой поток, пульта управления, взрывной камеры, батареи накопительных конденсаторов и электронного прибора для синхронизации взрыва заряда ВВ в модели со вспышкой импульсной лампы.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Характер разрушения испытываемых моделей фиксировали на фотопленку чувствительностью 400–800 ед.

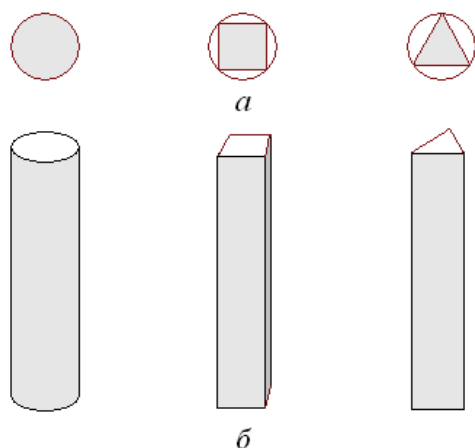


Рисунок 1 – Конструкции скважинных зарядов ВВ различной формы:
а) сечение заряда;
б) внешний вид

Согласно методике экспериментальных исследований предусматривалось установление параметров съемки. Так, допустимое смещение изображения на фотопленке рассчитывали по формуле

$$\Delta = \frac{1}{0,7N},$$

где N – разрешающая способность пленки, лин/мин.

Скорость смещения изображения на фотопленке определяли согласно уравнению

$$v_{см} = v\beta,$$

где v – скорость развития взрыва;

β – масштаб съемки (поперечное увеличение).

Отсюда время экспонирования одного кадра можно найти из выражения

$$t_{эк} = \frac{\Delta}{v_{см}} = \frac{1}{v\beta N \cdot 0,7},$$

а частоту съемки по формуле

$$v = 0,7v\beta N.$$

Следует различать время экспонирования одного кадра $t_{эк}$ и период смены соседних кадров T . Практически время $t_{эк}$ всегда будет меньше периода T , в связи с чем следует ввести понятие скважности, определяемое по уравнению

$$\mu = \frac{T}{t_{эк}}.$$

Следовательно, формула для определения частоты съемки примет вид

$$v = \frac{1}{\mu t_{эк}} = \frac{0,7}{\mu} v\beta N.$$

Считая, что ко времени окончания съемки изображение заполнит весь кадр, выразим масштаб съемки через

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

$$\beta = \frac{b_2}{D_{\max}} = \frac{f_k}{L},$$

где b_2 – размер кадра;

D_{\max} – максимальный объект съемки;

f_k – фокусное расстояние камеры;

L – расстояние до объекта съемки.

Принимая абсолютную ошибку измерения на пленке равной величине $\Delta = 1/N$, определяемой фотографическим разрешением камеры, выразим среднюю относительную ошибку измерения так

$$\delta_{cp} = \frac{\Delta}{b_2/2} 100\% = \frac{200}{b_2 N}, \%$$

Учитывая β и δ_{cp} в формуле для определения частоты съемки, получим

$$\nu = \frac{0,7}{\mu} \cdot \frac{200\nu}{D_{\max} \delta_{cp}}.$$

Найдем полное время регистрации t_n и общее число кадров P , исходя из скорости распространения процесса ν и частоты съемки ν . Полное время регистрации

$$t_n = \frac{D}{2\nu_{cp}};$$

общее число кадров $P = \frac{t_n}{\mu t_{эк}}$

Расчеты по приведенным формулам дают следующие значения параметров съемки: для волнового процесса (при $\nu = 2800$ м/с, $D = 0,15$ м, $\mu = 1,2$; $\delta_{cp} = 2$ %), $\nu = 1 \cdot 10^6$ кадр/с, $t_n = 2,7 \cdot 10^{-5}$ с, $P = 27$ кадров; для процесса трещинообразования (при $\nu = 840$ м/с) $\nu = 3,3 \cdot 10^5$ кадр/с, $t_n = 9 \cdot 10^{-5}$ с, $P = 30$ кадров. В процессе экспериментов было установлено, что оптимальные параметры скорости киносъемки для анализа процесса разрушения среды, времени начала вылета забойки, характера трещинообразования среды от взрыва заряда ВВ составили соответственно $\nu = 15000$ кадр/с и $\nu = 25000$ кадр/с.

Подрыв и синхронизация процесса регистрации взрыва заряда ВВ в разрушаемой среде осуществлялся путем включения в схему работы стенда специального электронного прибора для синхронизации работы камеры и импульсной лампы, до выхода ее на режим с задержкой по времени подрыва инициатора. Структурная схема системы представлена на рис. 2.

Принцип работы схемы следующий. От высоковольтного источника питания 2 заряжается магазин конденсаторов 6 до напряжения 3 кВ. В момент подачи поджигающего импульса от генератора с пульта управления 1 камеры СФР–2М происходит разряд конденсаторов 6 на импульсную газонаполненную лампу 5 ИСШ–300 с последующим запуском прибора синхронизации и задержки 3 кату-

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

шкою 4, в которой наводится ЭДС от импульса, протекающего через ее контур на импульсную лампу. Через время задержки, установленное на пульте прибора 3, происходит инициирование заряда ВВ в модели инициатором 7.

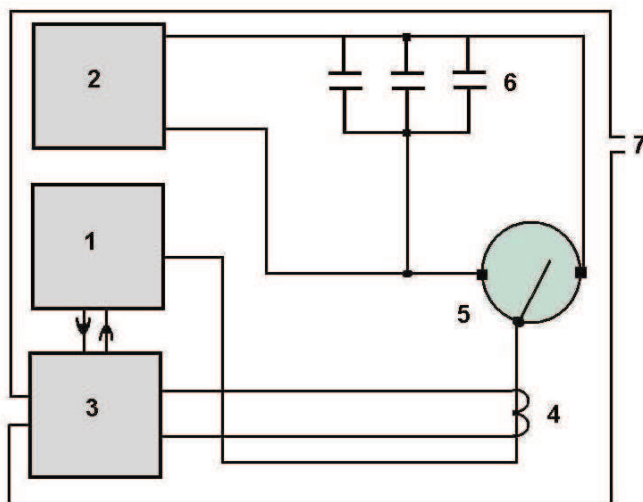
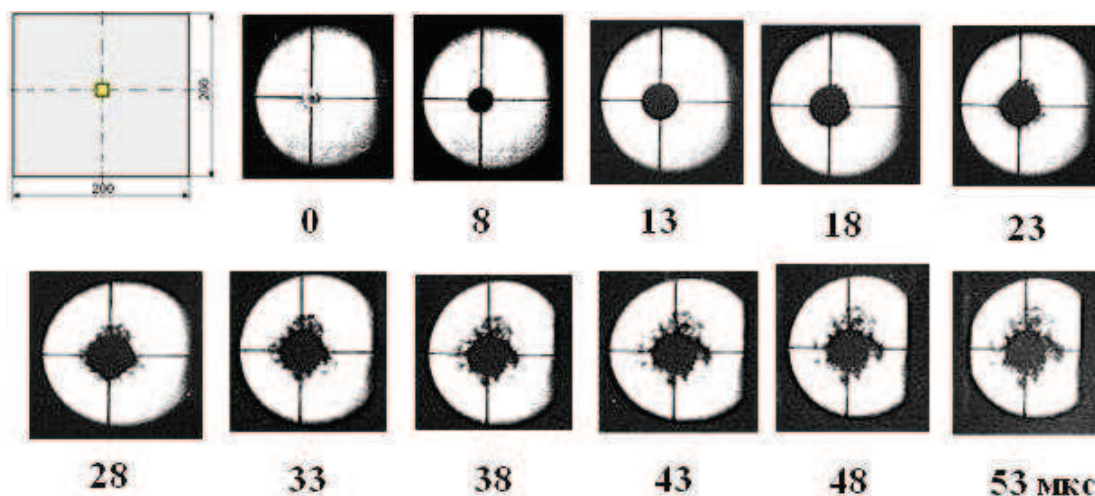


Рисунок 2 – Блок - схема подрыва и синхронизации процесса разрушения твердых сред взрывом с ее фоторегистрацией:

- 1 – пульт управления камеры СФР–2М; 2 – источник высокого напряжения;
- 3 – прибор синхронизации и задержки подрыва электродетонаторов;
- 4 – катушка запуска прибора синхронизации; 5 – импульсная лампа ИСПШ–300;
- 6 – магазин конденсаторов; 7 – инициатор

По результатам киносъемки процесса разрушения моделей точечными и сплошными удлиненными зарядами ВВ различной формы поперечного сечения изготовлены кинограммы, которые представлены на рис. 3 и рис. 5, а на рис. 4 и рис. 6 – внешний вид разрушенных моделей зарядами различной формы.



а)

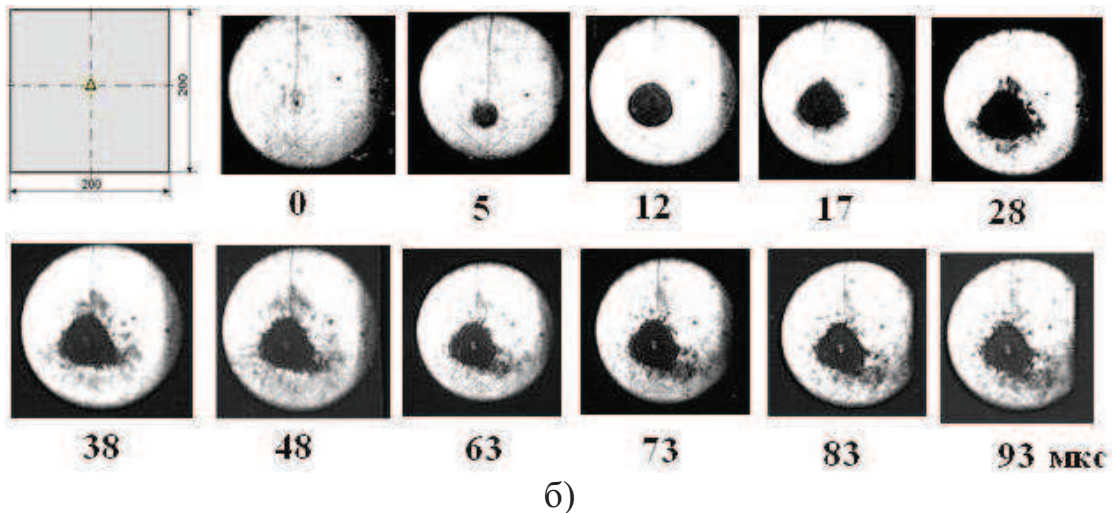


Рисунок 3 – Кинограмма процесса разрушения моделей сосредоточенным зарядом ВВ: а) квадратной формы поперечного сечения; б) треугольной формы поперечного сечения

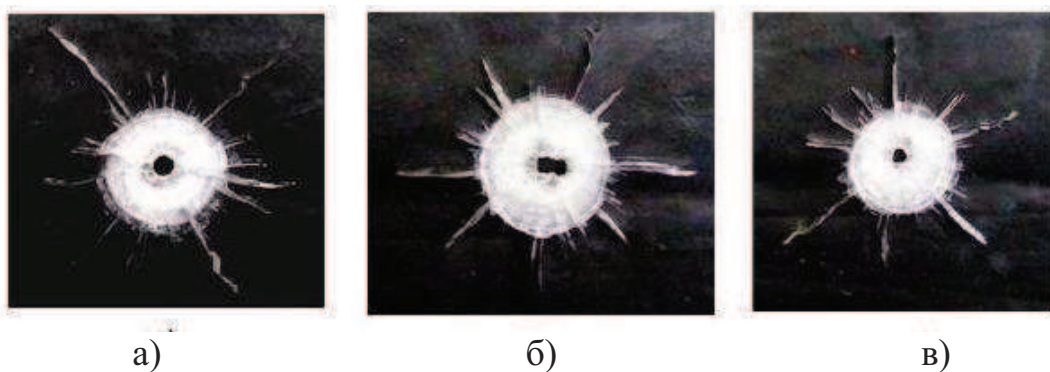


Рисунок 4 – Фото плоской модели, разрушенной сосредоточенным зарядом ВВ: а) цилиндрической формы сечения; б) квадратной формы сечения; в) треугольной формы сечения

Как видно из рисунков кинограмм (рис. 3; 4,а–в) взрыва сосредоточенного заряда различной формы для всех серий экспериментов, на первых кадрах регистрации процесса, в диапазоне 0–18 мкс после детонации заряда, распространяющийся впереди фронт детонационной волны и конфигурация его характерна как для цилиндрической формы заряда, так и для квадратной и треугольной форм заряда. А начиная с 23–28 мкс, ударные волны, отражаясь от стенки зарядной полости и воздействуя на разрушаемую среду, создают волны напряжений, которые для заряда круглой формы поперечного сечения равномерно распределяются по поверхности стенок зарядной полости, а в зарядах треугольной и квадратной формы сечения максимальные значения напряжений концентрируются в углах контура заряда, способствуя развитию систем трещин в модели. Следующим этапом, ко времени 30–40 мкс, волны напряжений формируют сеть трещин, развивающихся перпендикулярно граням зарядной полости.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Дальнейшие кадры кинограммы взрыва сосредоточенных зарядов различной формы поперечного сечения показывают выравнивание фронта волн напряжений и трещинообразованием характерным для зарядов круглого сечения.

Рассмотрим характер разрушения моделей сосредоточенными зарядами различной формы, которые представлены на рис. 4,а–в. Из которого видно, что вокруг зарядной полости наблюдается неравномерное распределение различных видов деформаций. Их характер зависит от формы поперечного сечения заряда. Разрушение представлено зоной переизмельчения, а также густой сетью криволинейных радиальных трещин.

Рассмотрим действие заряда, имеющего круглую форму поперечного сечения (рис. 4,а). Ближняя к заряду зона характеризуется весьма большими по объему деформациями, что выражено в образовании значительной по размерам зоны переизмельчения. В то же время наблюдается разветвленная сеть радиальных трещин, распространяющихся до границ модели. Основные трещины распространяются равномерно от заряда во все стороны.

Таким образом, действие зарядов круглого поперечного сечения обуславливает равномерное распределение напряжений в разрушаемой взрывом среде. Однако при взрывании в зажатой среде равномерно распределенные напряжения не обеспечивают желаемого качества дробления горных пород, вызывают образование заколов в тылу разрушаемого массива. При следующих взрывах данное обстоятельство осложняет условия взрывания, что приводит к увеличению выхода негабаритных фракций.

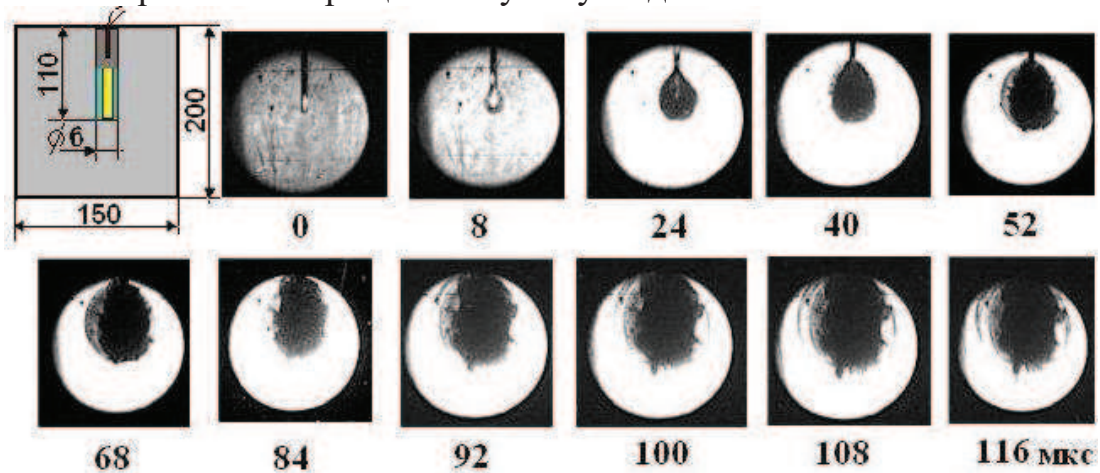
При взрывании заряда, имеющего треугольное сечение (рис.4,б), картина разрушения модели несколько иная, чем при действии сплошного цилиндрического заряда. Оценивая результаты разрушения модели можно выделить следующие характерные особенности работы такой формы заряда. В данном случае характер распределения трещин имеет четко выраженную асимметрию. В вершинах треугольника концентрируются максимальные напряжения, которые способствуют формированию более густой сети трещин в этих зонах. Анализ максимальной длины трещин показал, что вектор максимальной плотности потока энергии заряда такой конструкции направлен перпендикулярно граням треугольной призмы, создавая интенсивную сеть трещин вокруг зарядной полости с радиусом $(5-10) R_3$ (R_3 – радиус заряда). Сформировавшееся разноградиентное поле напряжений создает в модели разветвленную сеть трещин, ориентированных перпендикулярно граням зарядной полости в форме треугольной призмы.

На рис.4,в представлена картина разрушения плоской модели зарядом, имеющую квадратную форму поперечного сечения. Как и для треугольной призмы, радиальные трещины, образовавшиеся при взрыве, характеризуются четко выраженной направленностью. Наибольшая их длина с максимальным раскрытием до границ модели наблюдается в местах максимальной концентрации напряжений – в углах квадрата. Основная сеть трещин формируется также перпендикулярно боковой поверхности зарядной полости в виде квадратной призмы. При этом зона пластических деформаций незначительна и равна $2-3 R_3$, а зона пере-

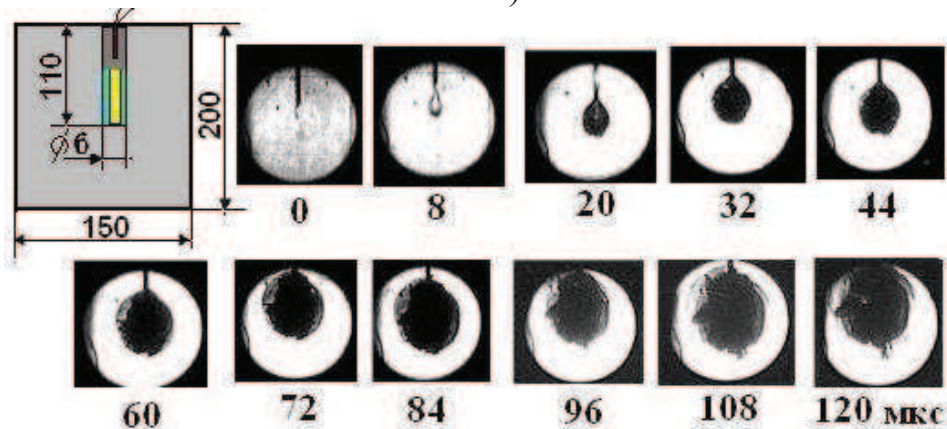
ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

измельчения составляет 3–5 R_3 . Анализуя конфигурацию зоны разрушения заряда с квадратным сечением, можно отметить ее совпадение по форме с зоной разрушения от взрыва цилиндрического заряда.

Анализ кинограмм взрывов сплошного удлиненного заряда различной формы (рис. 5, а,б), показывает, что фронт разрушения среды принимает овальную форму вначале развития процесса (8–40 мкс) для зарядов как треугольной, так и для квадратной формы сечения с последующим формированием в донной части шпура явно выраженных трещин в глубину модели.



а)



б)

Рисунок 5 – Кинограмма процесса разрушения моделей удлиненными зарядами ВВ:
а) квадратной формы поперечного сечения;
б) треугольной формы поперечного сечения

Несколько иная картина процесса разрушения среды наблюдалась при взрыве заряда квадратной формы сечения (рис. 5,а). Развитие полости разрушения приобретает грушевидную форму (50–100 мкс) вытянутую вдоль оси заряда, как в глубину модели, так и к устью взрывной полости. Совершенно иная картина разрушения модели наблюдается на завершающем этапе развития процесса (100–120 мкс). Так, фронт развития трещин от взрыва заряда ВВ квадратной формы сечения, движется вдоль оси заряда без существенного увеличения зоны разрушения, а от взрыва треугольной формы заряда приобретает круглую форму с увеличением радиуса зоны разрушения в радиальном направлении.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Анализ характера разрушения моделей (рис. 6,а–в) показал, что при цилиндрической форме заряда (рис. 6,а) увеличивается радиус зоны переизмельчения и уменьшается зона пластических деформаций без перераспределения энергии ВВ по колонке заряда. Совершенно иной характер разрушения прослеживается для зарядов квадратной и треугольной формы поперечного сечения. Это видно на фото разрушенных моделей (рис. 6,б,в). Так, при одинаковой массе и увеличенной длине заряда в разрушаемой среде происходит перераспределение энергии ВВ и формирование разноградиентного поля напряжений, сдвинутого во времени и пространстве при разрушении среды. Это приводит к снижению радиуса зоны переизмельчения на 20–30 % и увеличению зоны пластических деформаций за счет роста влияния сдвиговых и растягивающих напряжений.

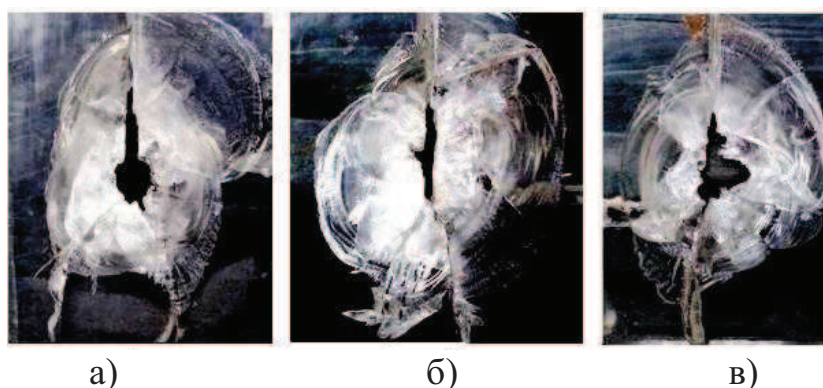


Рисунок 6 – Фото плоской модели, разрушенной удлинённым зарядом ВВ:
а) цилиндрической формы сечения; б) квадратной формы сечения;
в) треугольной формы сечения

ВЫВОДЫ. 1. Изучен характер разрушения твердой среды зарядами различной формы поперечного сечения на моделях из оптически активного материала.

2. Установлено, что заряды квадратной и треугольной формы позволяют формировать разноградиентное поле напряжений, что увеличивает эффективность разрушения твердых сред за счет преобладания роли сдвиговых и растягивающих напряжений.

3. По результатам исследований планируется проведение опытно-промышленных экспериментов по оценке эффективности использования конструкций зарядов различной формы сечения на карьерах строительных материалов Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов, Э.И. Управление размерами зоны переизмельчения горных пород при их взрывном разрушении // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг, 2007. – Вип. 18. – С. 36–39.

2. Влияние типа ВВ и условий взрывания на переизмельчение нерудных полезных ископаемых: матер. Международ. конф. «Форум гірників–2010» / Э.И. Ефремов, В.М. Комир, В.Н. Чебенко, А.М. Ромашко. – Днепропетровск: НГУ, 2010. – С. 60–63.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

3. Опытно-промышленные испытания технологи заряжания и эффективности взрывания необводненных горных пород зарядами переменного диаметра / Э.И. Ефремов, М.П. Билоконь, А.В. Пономарьов и др. // Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2005. – № 58. – С. 13–18.
4. Способы взрывной отбойки горных пород зарядами переменного сечения / Э.И. Ефремов, В.А. Никифорова, К.С. Ищенко // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Вип. 1/2088(1). – С. 7–10.
5. Эффективность отбойки горных пород системой сосредоточенных зарядов / В.П. Билоконь, В.И. Ильин, М.П. Белокопьян и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1974. – № 2. – С. 59–60.
6. Гончаров С.А. Разрушение горных пород, пути повышения его эффективности // Горный журнал. – 1996. – № 5. – С. 9–12.
7. Повышение эффективности буровзрывных работ в крепких рудах / А.Ф. Булат, В.А. Никифорова, В.Я. Осенний // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2006. – Вип. 2/2006(37), част. 2. – С. 93–94.
8. Пат. 79805 Україна, МКВ7 F42D 3/04 Спосіб формування заряду вибухової речовини / А.Ф. Булат, К.С. Ищенко, В.Я. Осенний; заявник і власник патенту Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України. – 2005 01 166; явл. 09.02.05; опубл. 25.07.07. – Бюл. № 11.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF INFLUENCE CROSS-SECTIONAL SHAPE CHARGE ON CHARACTER SOLID MEDIUM DESTRUCTION BY EXPLOSION

V. Petrenko

Dnipropetrovsk national university of railway transport name dafterac ademician
V. Lazaryan

vul. Lazaryana, 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.

E-mail: dnurt@diit.edu.ua, evm@diit.edu.ua

S. Konoval

Cherkassy State Technological University

boul. T. Shevchenko, 460, Cherkassy, 18000, Ukraine.

E-mail: seryoga.conoval@yandex.ru

The results of experimental researches, executed by the speed fotoregistriruyushey setting and features of destruction of tense environments the charges of explosive of different froms cross-section. Experimentally confirmed the effectiveness of the proposed designs chargers voids along the length of the well through the creation of different intensity stress on the inner surface of the destruction of its solid media explosion. Found that by varying the amplitude of the load carried in the borehole location within the cavities of explosives of varying cross-sectional shapes. In terms of range, models of transparent materials compared the nature of their destruction of explosive charges with different cross-sectional shapes. The features of the destruction of solid media explosive charges of various shapes.

Keywords: explosive, blasted loading, solid medium, hollow sphere, forms cross-section of charge, blasted breaking.

REFERENCES

1. Efremov E. (2007) *Managing the size of the overgrinding zone of rocks at their explosive destruction* [Transactions of Kryviy Rig Technical University], Kryviy Rig: KTU, Russian, pp. 36–39.
2. Influence of the type of explosives and blasting conditions on overgrinding of nonmetallic minerals: Materials of international conference “Materials Forum – 2010»/ Efremov E.I., Komir V.M., Chebenko V.N., Romashko A.M. – Dnipropetrovsk: NMU, 2010. – Russian, pp. 60–63.
3. Efremov E., Bilokone M., Ponomarev A. and others (2005) «Pilot-scale tests of the technology of charging and efficiency of explosives of non-watered rocks with alternating diameter charges», Geotechnical engineering. – Dnipropetrovsk: IGTM National Academy of Sciences of Ukraine. – 2005. – № 58. – Russian, pp.13–18.
4. Efremov, E.I. Methods of rocks blasted breaking by the charges of variable cross section / E.I.Efremov, V.A.Nikiforova., K. S. Ischenko// Modern resources and energy saving technologies in mining industry / Process innovation collection: Myklhaylo Ostrohradskiy State Polytechnic University – Kremenichuk: KDPU, 2008. – Iss. 1/2008 (1). – pp.7-11. [in Russian]
5. Belokon V.P. (1974) *The effectiveness of rocks blasted breaking by system of concentrated charges* [Metallurgical and Mining Industry], no 2, Russian, pp. 59–60.
6. Goncharov S. (1996) *Failure of rocks and the ways of rise its effectiveness*, [Mining jurnal], no 5, Russian, pp. 9–12.
7. Bulat A. (2006) *Rise of effectiveness of drilling and blasting in hand ores* [Transactions of Kremenchuk State Polytechnical University], no 2, part. 2, Russian, pp. 93–94.
8. Pat. 79805 Ukraine, JPC 7 F42 D 3/04 Method of explosive charge forming / Bulat A., Ischenko K., Osenniy V. – №200501166; declare 09.02.05; Bul. Pat. 2007. – №11, Ukraine.

Стаття надійшла 06.11.2014.