

УДК 622. 235:622.281.4

Борщевский С.В., д.т.н., проф., Хоменчук О.В., к.т.н., доц., Василенко Е.Ю., студ., ДонНТУ, г. Донецк, Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАЗЛЕТА ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ ВЗРЫВНЫМ СПОСОБОМ

Совершенствование технологических процессов и применение новых энергосберегающих материалов является основными задачами научно-технического прогресса не только в горном деле, но и во всех отраслях хозяйственной деятельности. Применение новых инновационных решений в горном деле при сооружении горных выработок способствует снижению стоимости добытого полезного ископаемого, а также повышению производительности труда. В частности это касается и возведения крепи горных выработок.

Применение нетрадиционных способов возведения крепи горных выработок позволит в некоторых условиях снизить материалоемкость этого процесса и затраты ручного труда. К таким способам относится взрывной способ возведения набрызгбетонной крепи, сущность которого состоит в том, что направленный поток цементно-песчаной (бетонной) смеси формируется путем её диспергирования из легкоразрушаемого сосуда при помощи взрыва размещенного в нём центрального заряда ВВ.

В работе [1] изложены основные параметры и схемы разработанного в ДонНТУ взрывного способа набрызгбетонирования. Этот способ обладает рядом преимуществ перед традиционными видами набрызгбетонирования, в частности, это использование только энергии взрыва для подготовки поверхности и нанесения на нее омоноличивающего раствора. Смесь наносится на всю поверхность одновременно, что повышает производительность и исключает образование неоднородного покрытия. Кроме того, в результате воздействия взрыва на компоненты смеси и на саму смесь, набрызгбетон дополнительно уплотняется, образуя более прочный по своим характеристикам материал.

Существенным отличием взрывного способа набрызгбетонирования от набрызгбетонирования с использованием сжатого воздуха является динамическое воздействие взрыва на компоненты исходной бетонной смеси, сложное движение их от центра взрыва к бетонируемой поверхности с образованием облака частиц бетонной смеси с неровным передним фронтом. С позиции прочности и качества наносимой крепи эти обстоятельства могут играть как положительную, так и отрицательную роль. С одной стороны воздействие взрыва на компоненты исходной смеси улучшает качество возводимой крепи, с другой стороны компоненты смеси совершают сложное движение в окружающей атмосфере, которое является на сегодняшний день мало изученным.

Целью данной работы является исследование динамики разлета цементно-песчаной смеси при центральном взрыве с учетом сил инерции и аэродинамического сопротивления.

Для решения первой поставленной задачи были проведены эксперименты в условиях взрывной камеры ДонНТУ [2] и демонтируемого угольного бункера закрываемой шахты «Новгородовская» [3].

Методика проведения экспериментов была такой: заряд взрывчатого вещества размещался в центре сферически симметричной легкоразрушаемой оболочки заполненной цементно-песчаным раствором. Снаряженное таким образом устройство подвешивалось перед скоростной кинокамерой СКС-1М-16. За несколько секунд до взрывания включалась кинокамера, и при достижении заданной скорости съемки производилось взрывание заряда. После обработки полученной кинограммы, строилась изохронная эпюра разлета вещества, и

определялась эмпирическая зависимость радиуса разлета от времени.

Скоростная киносъемочная камера СКС-1М-16 – камера непрерывного транспортирования пленки, предназначенная для исследования фотографическим методом быстро движущихся объектов. Камера позволяет снимать с частотой от 150 до 4000 кадр/сек. Для съемки применяется стандартная кинопленка 16 мм. Экспозиция при максимальной частоте съемки составляет $2,5 \cdot 10^{-4}$ сек.

Для временных измерений фильма использовался отметчик времени – неоновая лампа МН-7, работающей на переменном токе. При частоте тока 50 гц она дает 100 вспышек в секунду. Свет от этой лампы попадает на пленку и засвечивает ее вдоль края вне кадров съемки. После проявления пленки отметки времени выглядят в виде полосок шириной 0,8 мм. Длина каждой отметки изменяться в зависимости от скорости движения пленки, а время определяется расстоянием между двумя отметками. Например, промежуток времени между двумя отметками, считая от начала одной отметки до начала другой, равен 1/100 секунды. Если на этой длине пленки расположено 30 кадров, то интервал времени между соседними кадрами равен $1/100:30=1/3000$ сек. Неоновая лампа включена в сеть последовательно с сопротивлением 1500 Ом.

Для изменения частоты съемки при работе с переменным током применялся автотрансформатор.

В процессе разрушения угольного бункера закрываемой шахты «Новгородовская», опыты проводились в соответствии с описанной выше методикой. Здесь испытывались одновременно два снаряженных сосуда, один подвешенный, а второй уложенный под ним (см. рис. 1). В качестве заряда использовался аммонит 6ЖВ массой 250 г. Энергетический критерий заряда равен

$346,8 \cdot 10^{-8}$, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{Дж}^{3/2}$. Масса цементно-песчаной смеси в каждом мешке была равна 20 кг. Соотношение компонентов – 1:3, водоцементное соотношение – 0,6.



Рис. 1. Расположение снаряженных сосудов с цементно-песчаной смесью массой 20 кг на закрываемой шахте «Новгородовская»

Фрагмент кинограммы и изохронная эпюра распыления 20 кг цементно-песчаной смеси представлены на рис. 2.

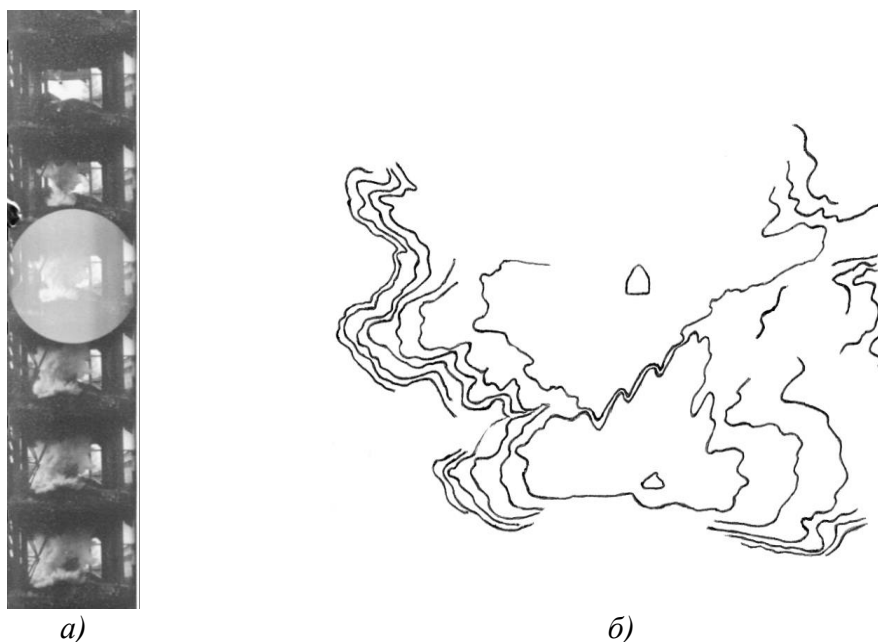


Рис. 2. Экспериментальное изучение динамики разлета цементно-песчаной смеси в условиях закрываемой шахты «Новгородовская»: а) фрагмент кинограммы; б) изохронная эпюра (интервал между изолиниями равен 4,5 мс)

Результаты обработки полученной кинограммы показаны на рис. 3.

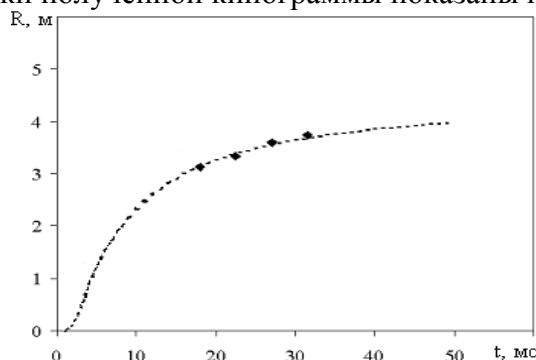


Рис. 3. Зависимость радиуса разлета от времени

В результате обработки полученных данных была получена эмпирическая зависимость $R=f(t)$:

$$R = 4,54 \cdot e^{\frac{6,67}{t}} \quad (1)$$

Коэффициент корреляции составил 0,9. Полученная эмпирическая зависимость радиуса распространения фронта частиц от времени имеет такой же экспоненциальный характер, как и при разлете порошковых веществ, описанный Стикачевым В.И., Шевцовым Н.Р., Михайловым А.Б. [4, 5].

Подобные исследования динамики разлета цементно-песчаной смеси при центральном взрыве проводились в условиях взрывной камеры ДонНТУ, которая была построена по проекту «Сталингипрошахт» в 1960 г, для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Разрушение горных пород взрывом», а также для выполнения научно-исследовательских работ.

Для исследования динамики разлета цементно-песчаной смеси в условиях взрывной камеры ДонНТУ применялись полиэтиленовые пакеты для создания водо-распылительных завес толщиной 0,10...0,12 мм. Цементно-песчаная смесь приготавливалась из портландце-

мента и песка в соотношении 1:3, водоцементное отношение 0,6. Плотность смеси составляла 1800 кг/м^3 . Цементно-песчаная смесь помещалась в полиэтиленовый пакет, связанный снизу таким образом, чтобы снаряженный сосуд имел форму близкую к сферической (см. рис. 4). Общая масса цементно-песчаной смеси в сосуде составляла 23 кг. Затем в центр пакета со смесью помещался заряд взрывчатого вещества. Заряд предварительно обматывался полиэтиленовой пленкой для избежания намокания взрывчатого вещества.

В качестве заряда использовался аммонит Т-19 массой 100 г, средства инициирования – электродетонатор ЭДКЗ-0П. Энергетический критерий 100 г аммонита Т-19 составляет $44 \cdot 10^8 \text{ кг} \cdot \text{с}^{1/2} \cdot \text{Дж}^{3/2}$.

В качестве источника тока для взрывания электродетонаторов использовался конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100 м. Для проверки исправности взрывной цепи и ее элементов использовался испытатель взрывной светодиодный ВИС-1.

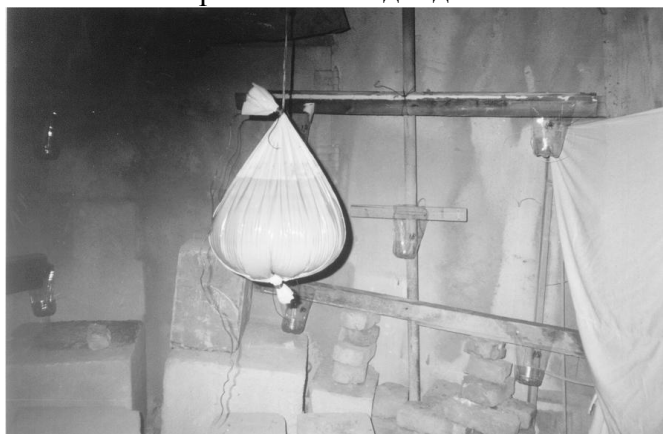


Рис. 4. Снаряженный сосуд с цементно-песчаной смесью

Снаряженный сосуд подвешивался на белом фоне и освещался фонарями. Общая мощность осветительных приборов составляла 3 кВт. Далее включалась, направленная на подвешенный сосуд, камера СКС-1М-16, и после разгона киноплёнки до нужной скорости, производилось взрывание.

На рис. 5 представлен фрагмент кинограммы, на которой запечатлен разлет цементно-песчаной смеси и изохронная эпюра, построенная по полученной кинограмме.

Скорость съемки составила 800 кадр/сек, что соответствует времени между кадрами 1,25 мс.

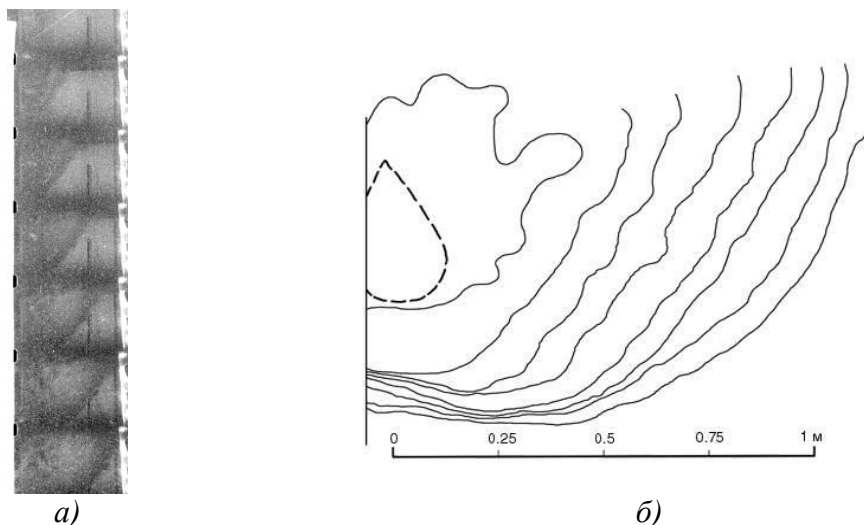


Рис. 5. Экспериментальное изучение динамики разлета цементно-песчаной смеси в условиях взрывной камеры ДонНТУ: а) фрагмент кинограммы; б) изохронная эпюра

Процесс разлета цементно-песчаной смеси, изображенная на рис. 5, описывается уравнением:

$$R_0 = 3,465 \cdot e^{\frac{8,569}{t}}, \quad (2)$$

изображенным на рис.6.

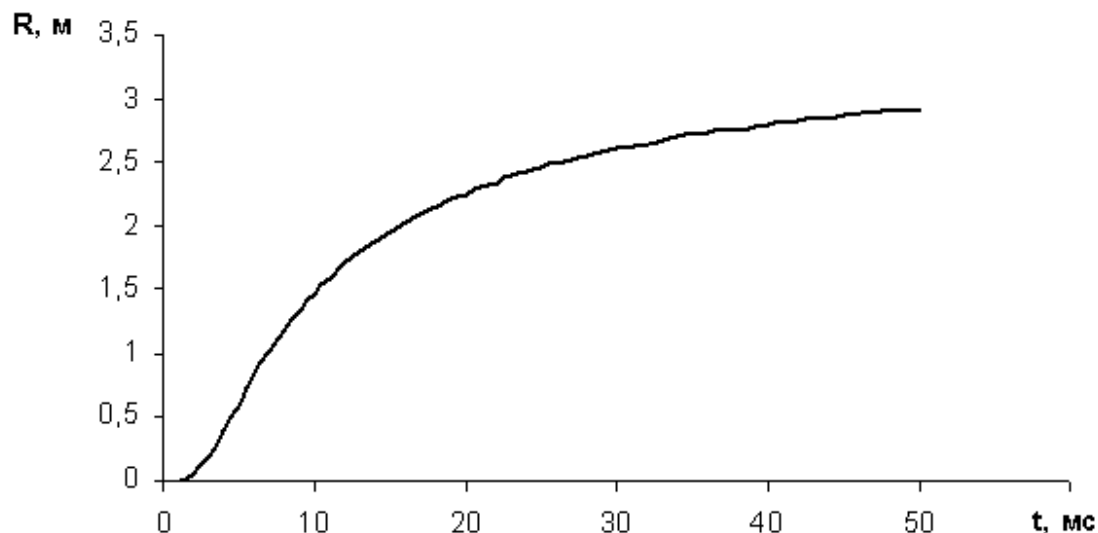


Рис. 6. График зависимости (2)

В результате взрыва заряда 100 г аммонита Т-19 в центре сферически симметричной оболочки из цементно-песчаной смеси на стенках камеры, расположенных на расстоянии 1,5...2,0 м сформировался равномерный слой толщиной 2...3 мм.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что скорость разлета и дальность разлета смеси зависит при прочих равных условиях от массы и типа заряда. Полученные эмпирические зависимости описывают частные случаи. Для получения зависимости, описывающей все случаи необходимо провести ряд теоретических и экспериментальных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевцов Н.Р. Взрывной способ набрызгбетонирования / Шевцов Н.Р., Хоменчук О.В. // Сборник научных трудов НГУ № 17, том 2, Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С.43-49.
2. Шевцов Н.Р. Вопросы создания и исследования гидровзрывных технологий в шахтном и подземном строительстве / Шевцов Н.Р., Антонецкий Ю.И., Купенко И.В., Лабинский К.Н., Хоменчук О.В., Макаров А.А., Калякин С.А. // Вісті Донецького гірничого інституту, 2002. – № 2. – С. 7-12.
3. Шевцов Н.Р. Динамики взрывного распыления материалов с различными физическими характеристиками / Шевцов Н.Р., Хоменчук О.В., Михайлов А.Б. // Сб. научн. трудов: Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 2003. – С. 134-139.
4. Стикачев В.И. Создание предохранительной среды при взрывных работах. – М.: Недра, 1972. – 113 с.
5. Шевцов Н.Р. Установление закономерности взрывного распыления порошковых флегматизаторов / Шевцов Н.Р., Михайлов А.Б. // Сб. научн. тр. МакНИИ: Безопасность взрывных работ в угольных шахтах. Вып. 5. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1974. – С. 19-24.