

С. В. БОРЩЕВСКИЙ, О. В. ХОМЕНЧУК,

Донецкий национальный технический университет,

А. Л. ТЮТКИН,

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА ПРИ НАНЕСЕНИИ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ

В работе рассмотрена схема возведения набрызгбетонной крепи в вертикальных выработках, а также алгоритм вычисления основных параметров способа для основных промышленных взрывчатых веществ.

Ключевые слова: набрызгбетон, крепь, вертикальная выработка

В роботі розглянуто схему зведення набризкбетонного кріплення у вертикальних виробках, а також алгоритм обчислення основних параметрів способу для основних промислових вибухових речовин.

Ключові слова: набризкбетон, кріплення, вертикальна виробка

The basic circuit design of erection of shotcrete lining in vertical excavations of round cross-section, and also algorithm of scaling of key parameters of a way for the basic industrial explosives are resulted.

Keywords: shotcrete, lining, vertical excavation

Традиционные виды крепи (металлическая арочная, монолитная бетонная, металлобетонная, сборная железобетонная) являются весьма дорогостоящими и материалоемкими, требуют больших затрат ручного труда на возведение, плохо поддаются механизации. Кроме того, они не обеспечивают плотный контакт с породным массивом, не позволяют использовать несущую способность приконтурного слоя породы и выполняют лишь роль ограждающих конструкций.

Применение новых инновационных решений 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.

В 80-90 г. прошлого столетия рядом авторов был предложен способ, при котором жидкие покрытия наносятся на поверхности защищаемых объектов с помощью энергии взрыва [1, 2]. Предлагалось осуществлять способ при помощи различных средств: углубления в почве выработки, в котором располагался заряд и бетонная смесь; специальных сосудов (устройств) на рельсовом ходу; легкоразрушаемых сосудов.

Наиболее простым в реализации оказался последний из перечисленных способов [3].

Сущность взрывного способа набрызгбетонирования состоит в том, что направленный поток цементно-песчаной (бетонной) смеси формируется путем её диспергирования из легкоразрушаемого (полиэтиленового) сосуда при помощи взрыва размещенного в нём центрального заряда ВВ [4].

Основными преимуществами способа являются безлюдность, т.е. в момент нанесения смеси на поверхность выработки рабочие не находятся в загрязненном пространстве, что является неизбежным при сухом и мокром набрызгбетонировании механическими способами, и энергонезависимость. Областью применения способа являются стесненные, труднодоступные выработки.

Целью данной работы является исследование влияния массы и класса взрывчатого вещества на эффективные параметры взрывного способа набрызгбетонирования.

Методика исследований заключается в проверке и установлении параметров заряда ВВ (тип ВВ, масса патрона, количество патронов), а также необходимой массы смеси для нанесения слоя торкретбетона определенной толщины в выработке определенного радиуса, при которых не будет происходить «расслоение», а нанесение смеси производиться с минимальным отскоком.

В работе [5] установлена величина удельного, относительно массы вещества, энергетического критерия, при котором не наблюдается расслоение многофазного потока цементно-песчаной смеси при возведении набрызгбетонной крепи взрывным способом. Этот показатель для цементно-песчаной смеси должен быть не более чем $9,2 \cdot 10^8 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{Дж}^{3/2}$ на каждый килограмм смеси.

Схема размещения сосуда в вертикальной выработке с указанием основных пространственных параметров расширения дисперсной системы разрабатывается в зависимости от площади поперечного сечения вертикальной выработки, в которой могут применяться сосуды как малой, так и большой вместимости. Основным фактором, влияющим на величину потерь и качество нанесенной смеси, является скорость соударения частиц со стенками выработки.

Оптимальная, с точки зрения минимизации потерь и максимизации прочности, скорость соударения частиц о стенки выработки для торкретбетонной смеси, согласно данным, полученным В. И. Шавриным [6] и Б. Т. Грязновым [7], равна 30...40 м/с. Для набрызгбетонной крепи оптимальная скорость значительно меньше из-за присутствия крупного заполнителя и составляет по экспериментальным данным Э. В. Казакевича [8] в среднем 6...16 м/с.

Для определения массы смеси, необходимой для эффективного нанесения торкрета на стенки выработки радиусом $R_{\text{выр}}$, при использовании определенного заряда ВВ необходимо, в первую очередь, определить приведенную эквивалентную массу смеси, которая может быть найдена путем решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} V_{\text{онм}} \geq \frac{R_{\text{выр}}}{b} \left(\ln \left(\frac{R_{\text{выр}}}{A} \right) \right)^2 \cdot 10^3 \geq 6, \\ A = 3,96 + 0,58(M_{f_3} - 2,58) - 0,59 \times \\ \times (M_{f_3} - 2,58) \ln \left(\frac{M_{f_3} - 2,58}{6,66} \right) \\ b = \frac{A(1 - 0,60 \cdot \exp(-0,16 \cdot M_{f_3}))}{0,58} \end{cases}, \quad (1)$$

где $V_{\text{онм}}$ – оптимальная скорость соударения частиц о стенки выработки, м/с; $R_{\text{выр}}$ – радиус выработки, м; M_{f_3} – эквивалентная масса распыляемой навески, приведенная к массе эталонной порошковой оболочки и распыляющего заряда ВВ, кг [5].

В результате воздействия ударной волны на твердый заполнитель при взрыве взрывчатого вещества, последний будет дополнительно измельчен. Поэтому в дальнейшем будем использовать в расчетах скоростные пределы соударения частиц о стенки выработки, характеризующие эффективное нанесение торкретбетона.

Оптимальные параметры взрывного способа определяются по алгоритму (рис. 2).

Входными данными являются:

- масса заряда $m_{\text{зар}}$;
- теплота взрыва заряда $Q_{\text{зар}}$;
- скорость детонации заряда $D_{\text{зар}}$;
- длина заряда $l_{\text{зар}}$;
- радиус выработки $R_{\text{выр}}$.

Энергетический критерий $f_{\text{зар}}$, приведенная масса M_f , эквивалентная масса M_{f_3} рассчитываются по формулам описанным в [4, 5].



Рис. 1. Блок-схема к определению эффективных параметров взрывного способа возведения набрызгбетонной крепи

Применяя полученный алгоритм, на основании проведенных исследований динамики разлета цементно-песчаной смеси при центральном взрыве и условия формирования однородного многофазного потока, были построены графики зависимости необходимой массы смеси в устройстве для торкретирования взрывным способом при использовании определенного заряда, зависящего от радиуса выработки.

В качестве заряда рассматривались промышленные взрывчатые вещества II – VII классов различной массы:

- 1) аммонит скальный №1 прессованный массой 0,4 и 0,8 кг (рис. 2);
- 2) аммонит 6ЖВ массой 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 кг (рис. 3);
- 3) аммонит Т19 массой 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 кг (рис. 3);
- 4) угленил 13П массой 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 кг (рис. 5);
- 5) ионит массой 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 кг (рис. 6).

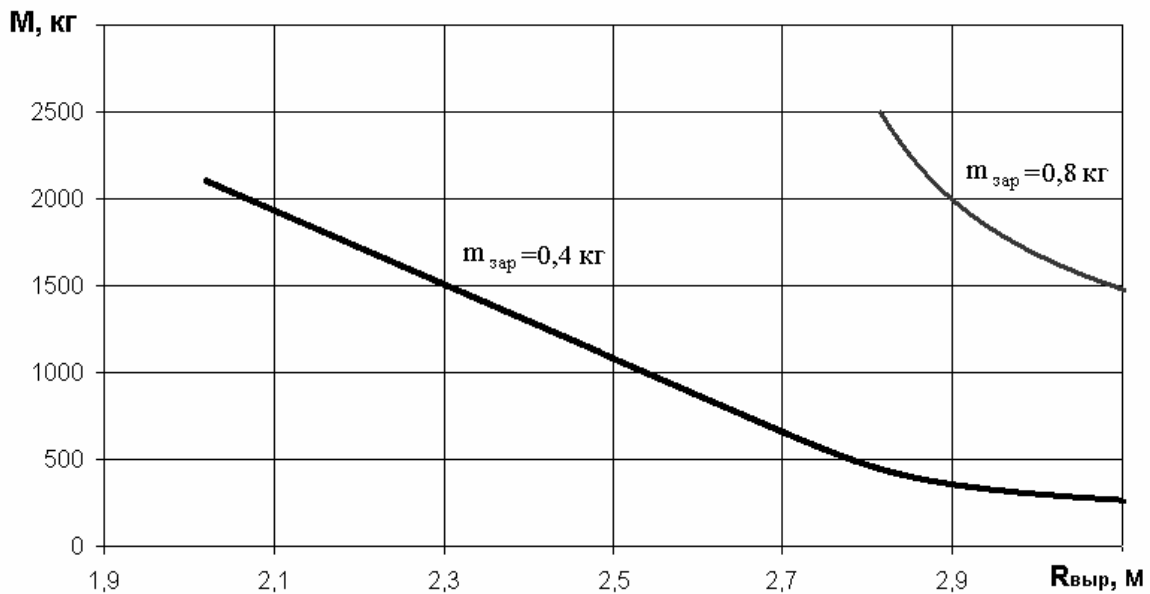


Рис. 2. График зависимости массы необходимой смеси от радиуса выработки при применении в качестве заряда аммонита скального №1 прессованного

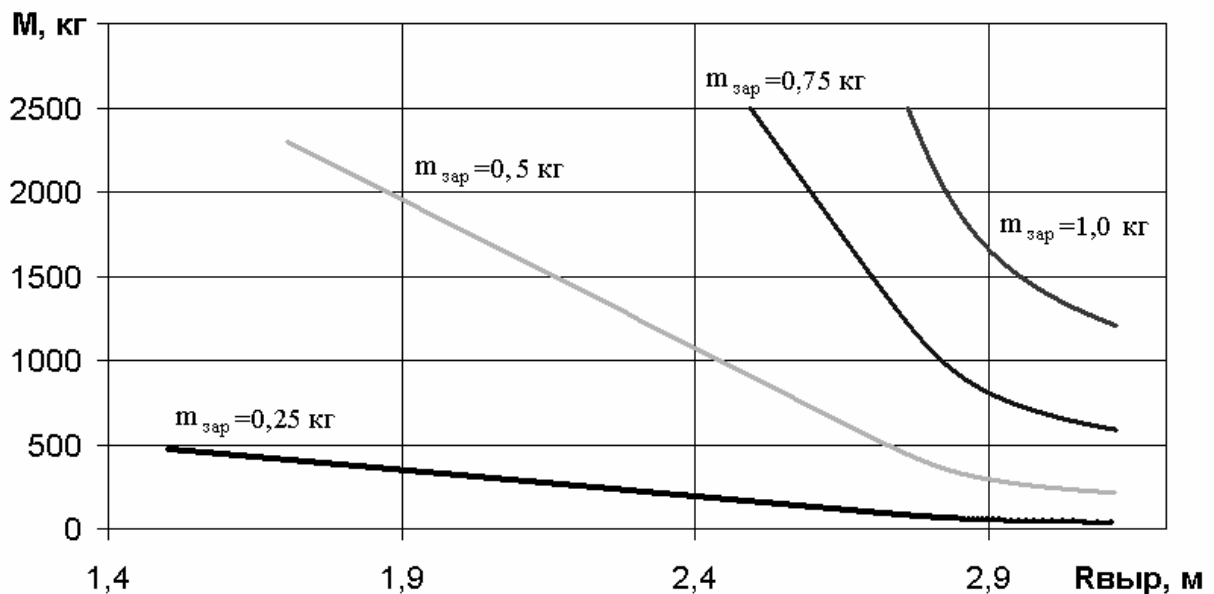


Рис. 3. График зависимости массы необходимой смеси от радиуса выработки при применении в качестве заряда аммонита 6ЖВ

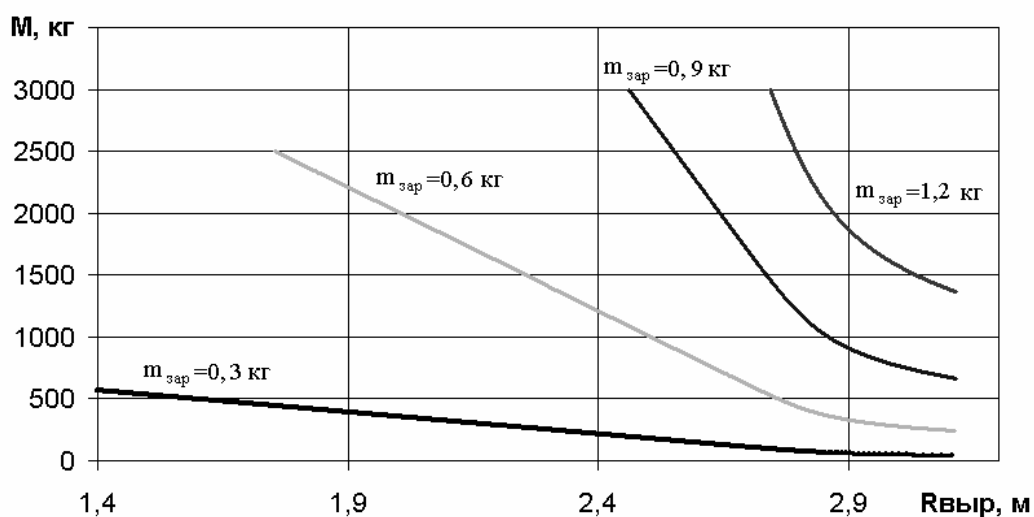


Рис. 4. График зависимости массы необходимой смеси от радиуса выработки при применении в качестве заряда аммонита Т19

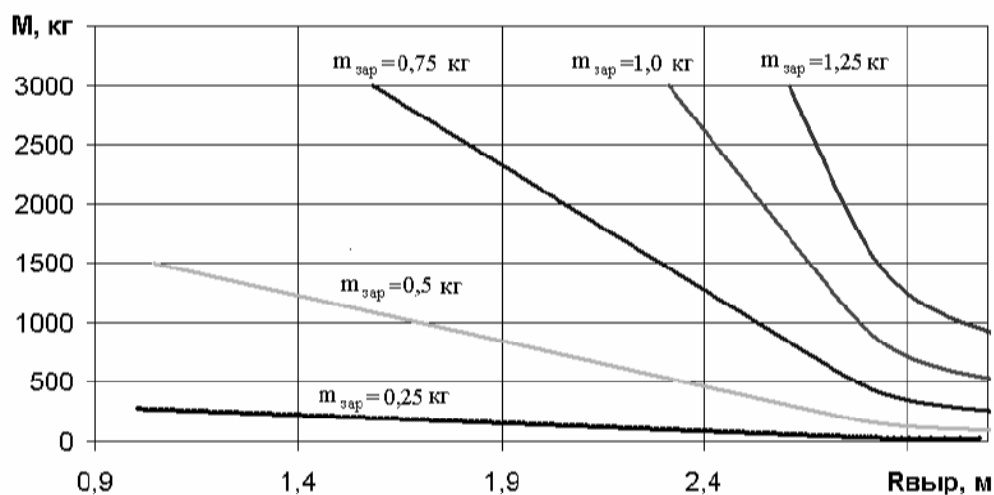


Рис. 5. График зависимости массы необходимой смеси от радиуса выработки при применении в качестве заряда угля 13П

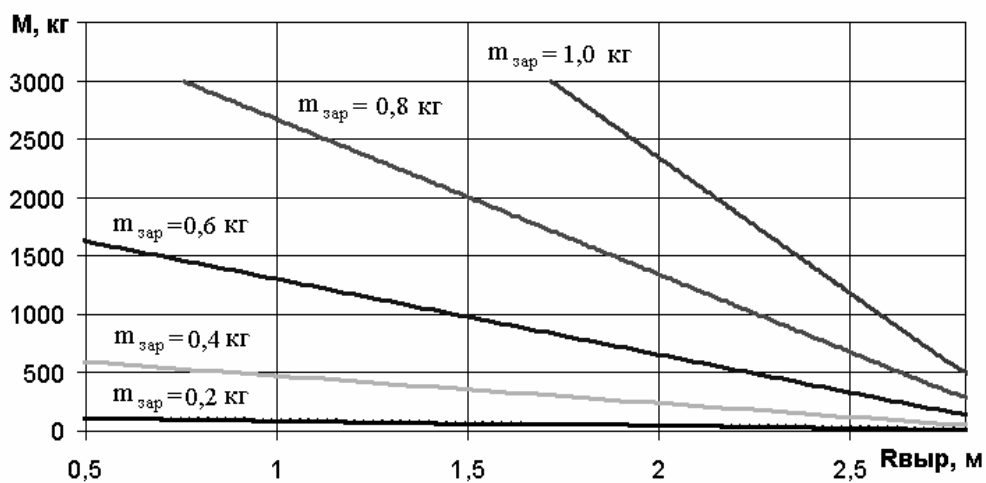


Рис. 6. График зависимости массы необходимой смеси от радиуса выработки при применении в качестве заряда ионита

По графикам (рис. 2-6) можно определить массу смеси, необходимую для нанесения одного качественного слоя торкретбетона взрывным способом в выработке радиусом до 3,1 м с минимальными потерями.

Зная необходимую массу смеси и размеры выработки, можно определить толщину одного наносимого слоя $h_{кр}$.

Согласно исследованиям, проведенным Н. Р. Шевцовым и А. Б. Михайловым [3], облако взрыва имеет форму эллипсоида вращения, полученного вращением эллипса относительно малой оси. Причем малая ось эллипса в два раза меньше большой. Эллиптическая форма сечения облака взрыва описывается уравнением

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{2 \cdot y^2}{A^2} = 1 \quad (2)$$

или после преобразований

$$y = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{A^2 - x^2} \quad (3)$$

Подставляя вместо x радиус выработки $R_{выр}$, определим ширину обрабатываемой поверхности l (см. рис. 1)

$$l = \sqrt{A^2 - R_{выр}^2} \quad (4)$$

Зная ширину обрабатываемой поверхности, массу распыляемой смеси и коэффициент потерь, можно посчитать среднюю толщину наносимого взрывным способом слоя торкретбетона по следующей зависимости:

$$\delta = \frac{M \cdot K_{\Pi}}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot l \cdot \rho_{см}} \quad (5)$$

где K_{Π} – коэффициент учитывающий потери.

Таким образом, в работе приведен алгоритм, позволяющий определять пространственно-временные параметры взрывного способа воз-

ведения набрызгбетонной крепи в вертикальных выработках круглого сечения.

Для определения толщины наносимого за одно взрывание слоя необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования по установлению коэффициента потерь при возведении набрызгбетонной крепи взрывным способом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ягнышев, В. С. Возведение набрызгбетонной крепи взрывным способом [Текст] / В. С. Ягнышев, И. В. Дементьев, В. Д. Пропп // «Известия вузов. Горный журнал». – 1982. – № 12. – С. 19-23.
2. Гречихин, Л. И. Основы теории распыления оболочек из жидких и порошковых материалов центральным взрывом. [Текст] / Л. И. Гречихин, Н. Р. Шевцов, О. В. Хоменчук // Проблеми гірського тиску. Випуск 9 / Під заг. ред. О. А. Мінаєва. – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – С. 236-256.
3. Томашев, Г. С. Нанесение набрызгбетона на стенки выработки взрывным способом [Текст] / Г. С. Томашев, В. В. Кореневский, Р. Х. Лукманов // Разработка месторождений полезных ископаемых Сибири и Северо-Востока. – Иркутск, 1980. – С. 47-50.
4. Шевцов, Н. Р. Взрывной способ набрызгбетонирования [Текст] / Н. Р. Шевцов, О. В. Хоменчук // Сб. научн. труд. НГУ. – № 17, том 2. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С. 43-49.
5. Хоменчук, О. В. Качественные параметры взрывного способа возведения торкретбетонной крепи взрывным способом [Текст] / О. В. Хоменчук, С. В. Чухлебов // Наукові праці ДонНТУ: серія гірничо-геологічна. Випуск 10(151). – Донецьк, ДонНТУ. – 2009. – С.80-85.
6. Шаврин, В. И. Структура свободной струи при набрызге бетона [Текст] / В. И. Шаврин. – Киев: Госстрой, 1969. – 34 с.
7. Грязнов, Б. Т. Определение скорости торкетной струи [Текст] / Б. Т. Грязнов // Промышленное строительство. – 1962. – № 4. – С. 41-43.
8. Стрельцов, В. В. Крепление горных выработок угольных шахт набрызгбетоном [Текст] / В. В. Стрельцов, Э. В. Казакевич, Д. И. Пономаренко. – М.: Недра, 1978. – 273 с.