

УДК 622.235.

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЕ ВЗРЫВАЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Манжос Ю.В.

Макеевский государственный научно-исследовательский институт

Галиакберова Ф.Н.

Донецкий национальный технический университет

Введение. Современные промышленные взрывчатые вещества (ВВ) состоят из целого ряда компонентов (сенсбилизаторы, окислители, горючее, стабилизаторы, ингибиторы воспламенения метано-пылевоздушной среды и т.д.).

Цель работы – исследование влияния состава сенсбилизатора на детонационную способность и экологическую чистоту ВВ.

Материал и результаты исследований. При оценке экологической безопасности применяемых в промышленности ВВ в настоящее время учитывают, в основном, только токсичные газы, которые образуются в процессе химической реакции взрывчатого превращения (в основном NO_x и CO_x).

Однако в составе ВВ находятся компоненты, которые сами представляют опасность для здоровья людей и вредно воздействуют на окружающую среду. Так, например, большинство сенсбилизаторов, входящих в состав промышленных ВВ в достаточно большом количестве (тротил, гексоген, нитроэфир и т.д.) являются вредными веществами и по токсическому воздействию согласно ГОСТ 12.1.005-88 и ГОСТ 12.1.007-76 относятся к I-II классу опасности. Их ПДК в воздухе рабочей зоны не должна превышать:

НЭ – 0,02 мг/м³;
тротил – 0,1 мг/м³;
гексоген – 1,0 мг/м³.

Попадание этих компонентов в окружающую среду возможно при зарядании скважин рассыпными ВВ, а также при разрушении оболочек патронов в процессе подготовки к взрыванию.

Однако имеется и другой путь, по которому эти компоненты могут попадать в воздух рабочей зоны. В работе [1] впервые было показано влияние взаимодействия детонирующего ВВ и окружающей среды. Такое взаимодействие выражается в разбрасывании части не прореагировавшего вещества с периферии заряда. Этот процесс в указанной работе и последующих трудах других исследователей [2, 3, 4] изучался с точки зрения энергетических показателей взрыва, скорости детонации ВВ, критического диаметра детонации и т.д. Однако разбрасывание вещества необходимо учитывать и при определении токсичности и экологической чистоты применяемых в промышленности взрывчатых веществ.

Известно [4], что при детонации заряда ВВ происходит частичное разбрасывание не прореагировавшего вещества. Потеря массы ВВ, при этом составит:

$$\Delta m = \frac{\kappa \rho d_3 a}{\rho d_3^2 \cdot \frac{1}{4}} \cdot m = 4 \cdot \kappa \frac{a}{d_3} \cdot m, \quad (1)$$

где κ – коэффициент пропорциональности;
 a – ширина зоны химической реакции, мм;
 d_3 – диаметр заряда, мм;
 m – масса реагирующего вещества, кг.
Коэффициент пропорциональности

$$k = \frac{D-u}{c}, \quad (2)$$

где c – скорость звука в продуктах взрыва, м/с;
 D – скорость детонации, м/с;
 u – массовая скорость продуктов взрыва, м/с.

Для большинства промышленных ВВ можно принять $k = 3/2$.

Ширину зоны химической реакции можно определить из выражения:

$$a = (D-u) \cdot t, \quad (3)$$

где t – время реакции в детонационной волне, с.

$$t \approx \frac{d_{кр}}{2c}. \quad (4)$$

Учитывая, что $c \approx 0,5D$; а $u \approx 0,25D$, тогда $a = 0,75 d_{кр}$.

Тогда выражение (1) примет вид:

$$\Delta m = 3 \cdot \kappa \frac{d_{кр}}{d_3} \cdot m. \quad (5)$$

Расчеты по приведенным зависимостям показывают, что при взрыве открытого заряда аммонитов IV класса потеря массы при разбрасывании может достигать до 0,01 массы исходного вещества. Поскольку промышленные ВВ применяют, в основном, в шпурах и скважинах, то наличие прочной оболочки равнозначно увеличению диаметра заряда.

А.Ф. Беляев [8] полагал, что в первом приближении масса оболочки увеличивает d_3 на величину, пропорциональную отношению плотностей оболочки и ВВ.

$$d_{3эф} \approx 2 \cdot \Delta \frac{\rho_m}{\rho_0} \cdot d_3 \quad (6)$$

где ρ_m – плотность оболочки, г/см³;

ρ_0 – плотность ВВ, г/см³;

Δ – толщина оболочки, мм.

Δ можно определить исходя из положения о том, что дробление породы бризантным действием взрыва наблюдается на расстоянии, приблизительно равном трем радиусам заряда. Следовательно,

толщину породной оболочки можно считать равной:

$$\Delta \approx 3 \frac{d_3}{2} \quad (7)$$

Согласно работам [6, 7] для пород средней крепости приблизительно можно принять $\rho_m \approx 2,0$ г/см³. Тогда из выражений (5) и (6) следует, что:

$$d_{3эф} \approx 6d_3^2 \quad (8)$$

В табл. 1 представлены составы наиболее распространенных ВВ.

Таблица 1 – Состав взрывчатых веществ

№ п/п	Наименование ВВ	Содержание компонентов, %				
		TNT	НЭ	Колл. хлопок	Гексоген	NH ₄ NO ₃
1.	Аммонит №6ЖВ	21	-	-	-	79
2.	Аммонал скальный №1	5			25	65
3.	Граммонит 79/21	21				79
4.	Углениты		10-13	1,0		
5.	Детониты		15-25	1-2		50-60
6.	Аммониты IV класса	17-20	-	-	-	60-62

В табл. 2 представлены результаты расчета выбросов в рабочую зону вредных компонентов для наиболее распространенных ВВ. Годовой расход ВВ, в том числе экологически чистых эмульсионных, по Украине приведен в [5]. На основании этих данных и данных собранных авторами по

предприятиям угольной отрасли рассчитаны приблизительные усредненные показатели выброса вредных веществ при применении наиболее распространенных классов ВВ в Украине за 2004 год, которые приведены в табл. 3.

Таблица 2 – Влияние параметров заряда на количество выброса вредных веществ в рабочую зону

№ п/п	Наименование ВВ	D, Км/с	d _{зар.} , мм.	d _{з..эф} , мм.	d _{кр.} , мм.	$\Delta m / m$			
						TNT	НЭ	Гексоген	NH ₄ NO ₃
1.	Аммонит №6ЖВ	4,6	32	6144	8	0,00586	-	-	0,00586
2.	Аммонал скальный №1	5,6	45	12150	10	0,0037	-	0,00072	0,0037
3.	Граммонит 79/21	4,0	150-250	135000-375000	100	0,00333-0,0012	-	-	0,00333-0,0012
4.	Углениты	2,4	36	7776	10	-	0,00579	-	0,00579
5.	Детониты	5-6	32	6144	8	-	0,0059	-	0,0059
6.	Аммониты IV класса	4-4,2	36	7776	8	0,00463	-	-	0,00463

Таблица 3 –
Усредненные показатели выброса вредных веществ при применении наиболее распространенных классов ВВ в Украине за 2004 год

Типы ВВ		Расход за 2004г., тыс. тонн	Выбросы непрореагировавших веществ, кг			
			TNT	НЭ	NH ₄ NO ₃	Гексоген
ВВ II класса*	Ам.№6ЖВ	20	23440	-	93760	-
	АС-ДТ	40	-	-	122760	-
	Гр. 79/21	40	10080-27720	-	37920-104280	-
	Ам. ск. №1	0,24	44,4		577,2	222,0
ВВ IV класса**		4	3704	-	11112	-
ВВ V класса **		0,5	-	383,5	-	-
ВВ VI класса **		0,3	-	177,0		-

*Для этого класса приведены данные при его применении, как в подземных условиях, так и при ведении взрывных работ на земной поверхности.

**Применяются как предохранительные ВВ при ведении взрывных работ в угольных шахтах.

Выводы. Из изложенного выше следует, что применение ВВ с высоким содержанием тротила и НЭ наносит значительный ущерб окружающей среде. Наиболее радикальное решение задачи создания экологически чистых ВВ – это отказ от мощных сенсibilизаторов. В случае необходимости введения в состав ВВ мощных сенсibilизаторов на основе бризантных ВВ для обеспечения заданной детонационной способности, количество таких добавок должно быть минимальным. Кроме того, с точки зрения экологической чистоты предпочтительнее введение в состав ВВ сенсibilизаторов на основе гексогена, а не тротила.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харитон Ю.Б. О детонационной способности взрывчатых веществ. – В кн. «Вопросы теории взрывчатых веществ», вып. 1. М. – Л., АН СССР, 1947, с.7-29.

2. Ремпель Г.Г. К вопросу о зависимости величины химических потерь от размеров заряда. – «Физика горения и взрыва», 1967, № 2. – с. 211-216.

3. L.E. Roth/ Explosivstoffe, 6, № 3, 1958. – с. 23-45.

4. Л.В. Дубнов, Н.С. Бахаревич, А.И. Романов. Промышленные взрывчатые вещества. М. «Недра», 1972. – 319 с.

5. С.А.Сторчак Энергия взрыва: к европейским стандартам/ Всеукраинская техническая газета № (119) 15 от 14.04.05.

6. Краткий справочник горного инженера. М.: Недра, 1971. – 518 с.

7. В.В. Матвейчук, В.П. Чурсалов. Взрывные работы. М.: Академический проект. – 2002. – 384 с.

8. Андреев К.К., Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ.- М.: Оборонгиз.- 1960. – 595 с.

Статья поступила 7.03.06 г.
Рекомендовано к печати д.т.н., проф.
Воробьевым В.В.