

УДК 355.588:622.235.532

СНИЖЕНИЕ БРИЗАНТНОГО ДЕЙСТВИЯ ЗАРЯДОВ ПРОСТЕЙШЕГО СОСТАВА

Т.А. Джумакунов, В.Д. Савинков

Обосновано снижение бризантного действия зарядов простейшего состава для оперативной ликвидации завалов при чрезвычайных ситуациях без нарушения дорожного покрытия.

Ключевые слова: низкоплотные взрывчатые составы; бризантность; дорожное покрытие; чрезвычайные ситуации; разбор завалов.

REDUCTION OF SIMPLE CHARGES' BRISANT ACTION

Т.А. Dzhumakunov, V. D. Savinkov

The authors of the article justify the reduction of simple charges' brisant action for effective elimination of avalanches avoiding paving damage after emergencies.

Key words: low-density explosive compounds; brisance; paving; emergency; dissolution.

Ранее [1] нами были рассмотрены перспективы применения низкоплотных взрывчатых смесей (НВС) для оперативной ликвидации завалов при чрезвычайных ситуациях. Было показано, что использование в качестве горючей добавки вспененного полистирола с объемной плотностью 20–35 кг/м³ позволяет осуществлять регулирование плотности взрывчатых смесей от 800 до 200 кг/м³. Однако при такой плотности предлагаемые НВС имеют еще довольно высокие взрывчатые характеристики и, самое главное, довольно высокую бризантность, что может привести к нарушению целостности дорожного покрытия при их применении для ликвидации завалов на дорогах. Некоторые характеристики этих НВС представлены в таблицах 1 и 2.

Бризантность взрывчатых веществ – это способность ВВ при взрыве производить дробление среды в непосредственной близости к заряду (несколько его радиусов). В результате выхода детонационной волны на поверхность контакта заряда ВВ с разрушаемым материалом в среде возникает область сжатия с резким скачком плотности и температуры на переднем фронте. Величина возникающих при этом максимальных напряжений зависит от давления и скорости их нарастания на фронте детонационной волны. Поэтому с увеличением скорости детонации, плотности ВВ и уменьшением ширины зоны химической реакции возрастает бризантное действие, в зоне которого воздей-

ствие импульсных давлений превосходит предел прочности материала и возникают значительные деформации, что приводит к переизмельчению хрупких и интенсивному уплотнению пластичных материалов [2]. Бризантность ВВ определяют по выходу фракций при дроблении породной (в некоторых случаях металлической) оболочки вокруг заряда. Бризантное действие оценивают (методика Л.И. Барона, С.П. Левчика) по результату взрыва заряда ВВ массой 20 г в базальтовом кубическом блоке (ребро длиной 150 мм), помещенном в стальной сосуд; определяют выход дробленной фракции (размер частиц менее 7 мм) [3].

Косвенно бризантность ВВ оценивают путём измерения импульса взрыва по степени обжатия свинцового цилиндра (проба Гесса), медного крешера (бризантометр Каста) или по отклонению баллистического маятника. Показатель бризантности промышленных взрывчатых веществ по пробе Гесса – 4–23 мм (у Гранулита П – от 15 до 20 мм).

Высокая бризантность Гранулита П в какой-то степени объяснима несовершенством пробы Гесса, по которой проводились испытания, так как заряд, помещенный в стальную трубу, производит кроме бризантного еще и сильное фугасное воздействие на свинцовый столбик, что подтверждается данными исследований [4]. Поэтому в дальнейших исследованиях НВС бризантность оценивалась по степени дробления стальных труб.

Таблица 1 – Объемная доля компонентов, основные физико-химические и взрывчатые показатели ВВ марки «ФПА»

Наименование компонента	Компонентный состав, % объемных	
	ФПА – 1*	ФПА - 2
Аммиачная селитра	50 ± 2	25 ± 2
Вспененный полистирол	50 ± 2	75 ± 2
$r_{ппс} = 0,04-0,06 \text{ г/см}^3$		
Раствор этиленгликоля в воде (сверх 100 %)	4 ± 0,5 от объема АС	4 ± 0,5 от объема АС
Расчетные и экспериментальные показатели		
Насыпная плотность, г/см ³	0,45–0,5	0,2–0,25
Кислородный баланс, %	+ 0,50	- 20,5
Удельная теплота взрыва, МДж/кг	3,78	2,94
Удельный объем газов, л/кг	950	980
Критический диаметр заряда в бумажной оболочке, мм	90–100	140–150
Критический диаметр в стальной трубе, мм	35–40	40–50
Скорость детонации, км/с	2,0–2,2	1,6–1,8
Рекомендуемый промежуточный детонатор	тротиловая шашка Т-400 или стандартный патрон аммонита 6ЖВ	тротиловая шашка Т-400 или стандартный патрон аммонита 6ЖВ

Примечание: * – Данное ВВ входит в Перечень взрывчатых материалов... [2].

Таблица 2 – Неконтролируемые параметры Гранулита П

Параметр	Норма
Расчетные	
Кислородный баланс, %	0 + 3,3
Удельная теплота взрыва, ккал/кг	870–930
кДж/кг	3550/3900
Удельный объем газов, л/кг	960–980
Экспериментальные	
Критический диаметр заряда в бумажной оболочке, мм	90–100
Критический диаметр в стальной трубе, мм	15–20
Скорость детонации, м/с:	
в стеклянной трубе диаметром 100–150 мм	2200–2500
в металлической трубе диаметром 15–55 мм	1300–2000
Бризантность заряда в стальном кольце по ГОСТ 5984-80, мм	15–20
Относительная работоспособность на стенде ВОСТНИИ от заряда объемом 900 см ³ массой 450 г, мм (сухой граммонит 79/21 массой 810 г)	15
Чувствительность к удару по ГОСТ 4545-80: частота взрывов, %	20
нижний предел, мм	0
Чувствительность к трению на копре И-6-2, кг/см ²	более 500
Минимальный инициирующий импульс, г тротила	более 3000
	5



Рисунок 1 – Трубы для испытаний



Рисунок 2 – Подготовка к взрыву



Рисунок 3 – Характер разрушения стальных труб от взрыва различных НВС

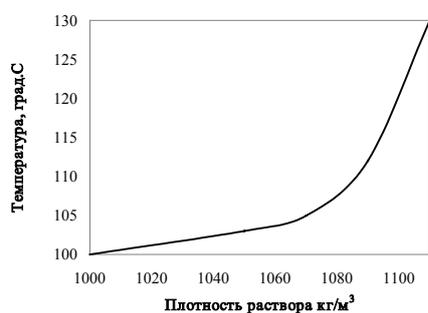


Рисунок 4 – Зависимость температуры кипения водных растворов этиленгликоля от их плотности

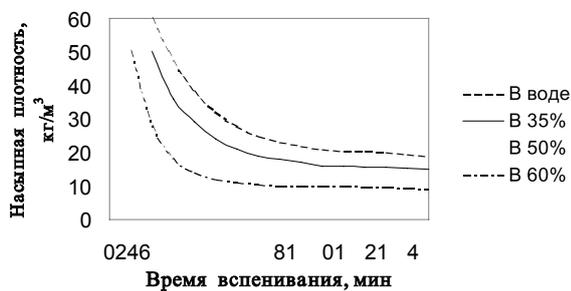


Рисунок 5 – Зависимость насыпной плотности пенополистирола от времени вспенивания в водных растворах различной концентрации

Подготовка стальных труб и характер разрушения стальных труб от взрыва различных СНВС показаны на рисунках 1–3.

Исследования СНВС при дроблении стальных труб показали значительное, но еще не достаточное снижение их взрывчатых свойств, поэтому было решено максимально повысить степень вспенивания используемого пенополистирола. Для этого в качестве вспенивающего агента были использованы водные растворы этиленгликоля и концентрированные растворы поваренной соли. В ходе исследований было установлено, что в зависимости от концентрации растворов изменяется их плотность и температура кипения, что показано на рисунке 4, поэтому вспенивание проводилось в жидкости определенной плотности при периодическом контроле ее температуры.

При необходимости (выкипание воды, изменение концентрации) состав жидкости корректировался. Вспенивание производилось в кипящих растворах при фиксированных температурах 100, 103, 105, 108 °С, при этом определялась масса и объем навески полистирола до и после вспенивания в течение определенного отрезка времени. Кроме того, определялось количество жидкости, адсорбированной гранулами вспененного полистирола и ее состав; визуально определялся характер смачивания жидкостью вспененных гранул непосредственно после вспенивания и в процессе хранения, производилась сушка вспененного полистирола потоком горячего воздуха, а также выдержка вспененного полистирола в условиях низких температур с целью изучения влияния различных факторов на физические характеристики вспененного полистирола и адсорбированного им смачивателя (рисунки 5, 6).

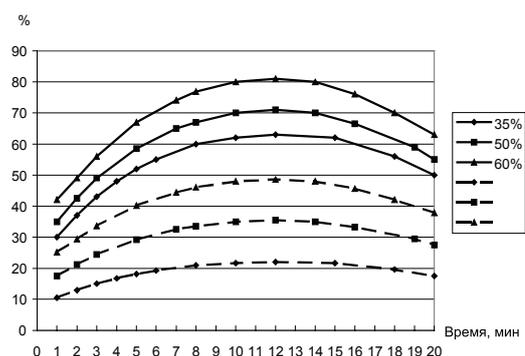


Рисунок 6 – Количество водного раствора (сплошные линии) и этиленгликоля соответственно (пунктирные), адсорбированное полистиролом в процессе вспенивания в водных растворах этиленгликоля различной концентрации (в % от массы полистирола)

По результатам исследований было установлено, что, изменяя концентрацию теплоносителя и время обработки пенополистирола, можно в более широких пределах изменять его насыпную плотность, а следовательно, и значительно снижать бризантное действие взрывчатых составов приготовляемых на его основе.

Также снижению насыпной плотности пенополистирола способствует его обработка в водных растворах хлористого натрия повышенной концентрации и его многостадийная обработка, в результате которой насыпная плотность может быть понижена до 0,005–0,008 г/см³.

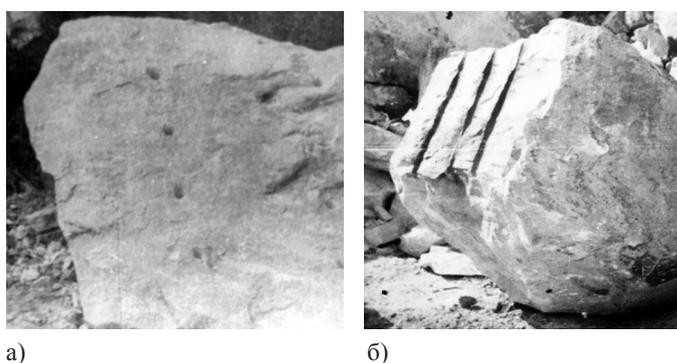
В результате были разработаны сверхнизкоплотные взрывчатые смеси (СНВС) простейшего состава (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Сравнительная характеристика сверхнизкоплотных взрывчатых смесей, пенополистирола и аммонита 6 ЖВ

Показатели	Взрывчатые вещества					
	СНВС типа АС-ППС				ППС	Аммонит 6 ЖВ
	10/90	5/95	3,5/96,5	2/98		
Насыпная плотность, г/см ³	0,13–0,15	0,075–0,1	0,06	0,02–0,03	0,004–0,015	0,9–1,0
Скорость детонации, км/с:						
$d_{зар} = 28$ мм	1,3–1,35	1,4–1,45	1,50	1,50	1,6–1,8	3,1
$d_{зар} = 42$ мм	1,0–1,25	0,7–0,9	0,75–1,0	0,85–1,1	0,9–1,0	3,8
Теплота взрыва, МДж/кг	2,8–3,06	2,5–2,6	2,3	3,0	0,25	4,3
Объем газов, л/кг	830	850–880	820	830	650	890
Объемная концентрация энергии, МДж/л	0,4	0,2–0,25	0,14	0,095	$(1,25–3,8) \cdot 10^{-3}$	3,9–4,3
Объем газов на единицу объема ВВ, л/л	90–120	65–90	50	25	4–8	800–890
Давление продуктов взрыва, МПа	45–90	25–65	20–25	10–15	0,1–1,8	3000–4000
Кислородный баланс, %	(-4,3)–(-17)	(-18,7)–(-21,3)	-35,1	-65,6	-308	0

Таблица 4 – Область рационального применения СНВС различной плотности

Область применения СНВС	Метод ведения взрывных работ	Объемное соотношение АС и ППС	Насыпная плотность смеси, г/см ³	Насыпная плотность ППС, г/см ³
Контурное взрывание в горном деле и строительстве	Шпуровой, скважинный	5/95–10/90	0,1–0,2	0,01–0,015
Приконтурная зона	Шпуровой, скважинный	10/90	0,15–0,2	0,01–0,015
Вскрытие месторождений ценных кристаллов, блочного камня	Шпуровой, скважинный (в комплекте с НВС)	10/90	0,1–0,2	0,005–0,015
Вскрытие месторождений с попутной добычей блоков	Шпуровой	5/95–7/93	0,075–0,09	0,005–0,008
Отрыв блоков от массива. Вскрытие ценных кристаллов, пассивировка блоков	Шпуровой	2/98–3/97	0,02–0,05	0,005–0,008

Рисунок 7 – Подготовка взрывчатых составов, заряды в шпурах и результаты взрыва состава плотностью 0,015 г/см³ (слева) и плотностью 0,005 г/см³ (справа) в розовом граните

а)

б)

Рисунок 8 – Блок мрамора: а) до и б) после взрыва СНВС

Опытная проверка разработанных взрывчатых составов производилась на карьерах блочного камня, а именно: розового гранита и мрамора, характеристики которых наиболее приближены к свойствам некоторых дорожных покрытий. Результаты подготовки взрывчатых составов, их заряжания и результаты отбойки таких блоков представлены на рисунках 7, 8.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что, снижая бризантное действие взрывчатых составов на основе пенополистирола, можно снизить их взрывное воздействие до величин, обеспечивающих сохранность структуры блочного камня, а при разборе завалов на дорогах – исключить нарушения дорожного покрытия.

Литература

1. Джумакунов Т.А. Перспективы использования низкоплотных взрывчатых составов для оперативного разбора завалов при чрезвычайных ситуациях / Т.А. Джумакунов, В.Д. Савинков // Вестник КРСУ. 2014. Т. 14. № 7. С. 18–22.
2. Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в Российской Федерации (по состоянию на 25.06.2002 г.). Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор России). М., 2002.
3. Барон Л.И. Дробящая способность взрывчатых веществ для горных работ / Л.И. Барон, Б.Д. Росси, С.П. Левчик. М., 1960.
4. URL: <http://www.rdx.fromru.com/methods/briz.html>