УДК 355.588: 622.235

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПЛОТНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РАЗБОРА ЗАВАЛОВ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Т.А. Джумакунов, В.Д. Савинков

Обосновано применение низкоплотных взрывчатых составов для оперативной ликвидации завалов из камней и бетонных блоков при чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации; аварийно-спасательные и другие неотложные работы; низкоплотные взрывчатые составы; горные дороги; разбор завалов.

APPLICATION OF LOW-DENSITY EXPLOSIVE COMPOUNDS FOR EMERGENCY EFFECTIVE DISSOLUTION

T.A. Dzhumakunov, V.D. Savinkov

Application of low-density explosive compounds for emergency effective extinguishing of rock-fall and cement blocks has been under consideration.

Key words: emergency situation; accident and rescue work and other urgent work; low-density explosive compounds; pikes (mountain roads); dissolution.

Многие природные явления и чрезвычайные ситуации (ЧС) такие, как проливные дожди, камнепады, землетрясения, цунами, оползни, взрывы различного происхождения, характеризуются большим объемом нарушений рельефа местности, разрушением дорог, зданий, инженерно-технических сооружений и т. д. В результате образуются завалы из обломков различной массы, формы и материала, перекрывающие автомобильные дороги, подъездные пути, а также подходы к производственным и гражданским зданиям и сооружениям (рисунки 1, 2).

В этих случаях необходим вызов специальных служб и техники для разбора завала, что в условиях горных дорог приводит к длительным простоям и пробкам. При этом необходимо учитывать, что валуны, блоки бетона и т. д., образовавшиеся при чрезвычайных ситуациях, зачастую не имеют удобных мест крепления тросов и строп, что при производстве работ может привести к дополнительным трудностям или авариям.

В таких случаях авторы предлагают использовать специальные взрывные работы с помощью

Рисунок 1 – Валун на дороге

Рисунок 2 – Блоки перед зданием

взрывчатых смесей простейшего состава, приготовляемых на месте производства работ. Однако использование промышленных бризантных взрывчатых веществ задачу разбора завалов решает не полностью, так как при их применении валуны и блоки дробятся на более мелкие фрагменты, для удаления которых опять-таки требуется специальная техника.

В результате анализа литературы и проведенных исследований были выбраны простейшие взрывчатые составы на основе аммиачной селитры и вспененного полистирола. Главная особенность таких ВВ, как и любых смесевых взрывчатых веществ, состоит в том, что они являются грубодисперсными, физически и химически неоднородными системами, включающими вещества со слабо выраженными взрывчатыми свойствами (аммиачная селитра), горючие материалы, не обладающие взрывчатыми свойствами (дизельное топливо, пенополистирол и др.), а также инертные вещества (вода и др.). Такая неоднородность состава взрывчатых смесей обуславливает и особую специфику их взрывчатого превращения [1, 2]. Простейшие взрывчатые смеси с пенополистиролом детонируют по механизму взрывного горения, когда реакция взрывчатого превращения совершается в две стадии. Вначале происходит первоначальное разложение или газификация в детонационной волне исходных компонентов (первичные реакции), и затем продукты разложения взаимодействуют между собой или с веществами, не претерпевшими на первой стадии химических или фазовых превращений (вторичная реакция). С особенностями взрывчатого превращения смесевых ВВ связана зависимость критических условий распространения детонации и параметров детонации от размеров частиц компонентов, соотношения между размерами частиц горючего, окислителя и сенсибилизатора, от равномерности смешения компонентов и т.д. Влияние структурных особенностей ослабляется с увеличением диаметра заряда, и при некотором критическом диаметре параметры детонации целиком определяются химической природой ВВ и его плотностью. С другой стороны, предельная плотность взрывчатого вещества зависит от размеров частиц компонентов и диаметра заряда. Еще в 1947 г. А.Ф. Беляевым при исследовании условий устойчивости детонации динамона “Т” различного качества [3] были получены зависимости предельной плотности взрывчатой смеси от степени дисперсности компонентов и диаметра зарядов. Для получения нужного эффекта следует использовать диаметр в 6–8 раз больше того, который уже может обеспечить устойчивую детонацию. Таким образом, детонационную стабильность можно повысить путем снижения плотности, не изменяя при этом дисперсность состава. Использование в качестве горючей добавки вспененного полистирола с объемной плотностью 20–35 кг/м^3 позволяет осуществлять регулирование плотности взрывчатых смесей от 800 до 200 кг/м^3 [4]. Специфические свойства пенополистирола как компонента взрывчатой смеси способствуют значительному повышению стабильности и чувствительности ВВ [5].

В процессе исследований способов разбора завалов было рассмотрено несколько вариантов простейших взрывчатых смесей (ПВС) на основе вспененного полистирола (таблица 1). Поскольку ПВС предполагается использовать и на высокогорных дорогах Кыргызстана, особое внимание было обращено на температуру смерзания компонентов.

Взрывчатые составы марки ФПА, представленные в таблице 1 под номером 2, представляют собой белую нерасслаивающуюся смесь гранул аммиачной селитры с гранулами пенополистирола, увлажненную водным раствором этиленгликоля. ВВ марки ФПА изготавливаются на месте применения в специальных смесительно-зарядных агрегатах и предназначены для ведения взрывных работ на дневной поверхности по слабым и средней крепости необводненным породам. Допускается ручное приготовление ВВ марки ФПА.

Взрывчатые вещества марки ФПА относятся ко П классу взрывчатых веществ по классификации промышленных ВВ, принятой СЭВ. ВВ марки ФПА изготавливаются непосредственно при заряжании и не подлежат хранению вне скважин и шпуров. Допускается патронирование ВВ марки ФПА в полиэтиленовые шланги и рукава.

Взрывчатые вещества марки ФПА недостаточно чувствительны к КД, требуют использовать промежуточный детонатор, в качестве которого достаточно одной шашки ТГ-400 по ОСТ 84-411–80 или другого вида из выпускаемых промышленностью. Шпуровые заряды ВВ марки ФПА инициируются сдвоенной нитью детонирующего шнура. Допускается прямое, обратное и встречное инициирование заряда.

При таких достоинствах взрывчатых веществ марок ФПА, как физическая стабильность, сравнительно низкая стоимость они имеют и недостатки, обусловленные, в основном, наличием в их составе этиленгликоля, который ядовит и имеет высокую стоимость. Данный компонент вводится в состав взрывчатых смесей в качестве антифриза и в холодное время года необходим. В теплые периоды возможна замена этиленгликоля на более дешевые смачиватели (горючее). Кроме того, ВВ марки

Таблица 1 – Рецептурные и теплофизические характеристики ПВС

№ ПВС	Основные компоненты	Смачиватель	Температура смерзания, ^{0}С	Новизна и использование
1	ПП (ρ = 5–10 кг/м^3) Na Cl + вода +АС	Водный раствор Na Cl	-20	Патент А3 № 1811688
2	ПП (ρ = 40–50 кг/м^3) ЭГ + вода + АС	50 % водный раствор этиленгликоля	-40	А.с. № 1160687 Журн. пост. № 347 /86
3	ПП (ρ = 30–50 кг/м^3) Уротропин + вода+АС	50 % водный раствор уротропина	-50	А.с. №1564971
4	ПП (ρ = 10–30 кг/м^3), вспенен. в ВРЭ + АС	10–60 % водный раствор этиленгликоля	-60	А.с. №1601972
5	ПП (ρ = 10–90 кг/м^3), ДТ + ИПС + АС	Раствор изопропилового спирта в ДТ	-65	А.с. № 1412240 Журн. пост. № 370/87

Таблица 2 – Весовая доля компонентов Гранулита-П

Компонент	Весовая доля, %
Селитра гранулированная аммиачная	94 + 1 *
Полистирол вспенивающийся	3,5 + 0,5 **
Дизельное топливо	2,5 + 0,5

Примечание: * допускается также чешуйчатая и водоустойчивая селитра марки ЖВ;
** плотность полистирола, в зависимости от необходимой концентрации энергии, находится в пределах 0,5–0,02 г/см^3.

ФПА имеют нерегулируемую объемную концентрацию энергии, равную для ФПА-1 – 450 ккал/дм^3 и для ФПА-2 – 150–180 ккал/дм^3. С целью создания более универсального взрывчатого вещества была разработана взрывчатая смесь на основе гранулированной аммиачной селитры, дизельного топлива и вспенивающегося полистирола, так называемый Гранулит-П, представленный в таблице 1 под номером 5. Весовая доля компонентов, входящих в состав данного ВВ представлена в таблице 2.

Как видно из данных таблицы 2, Гранулит-П является, с одной стороны, аналогом игданита, так как в его составе находятся аммиачная селитра и дизельное топливо, с другой – он схож с ВВ марки ФПА, так как содержит вспененный полистирол. Однако Гранулит-П не имеет недостатков своих аналогов. По сравнению с игданитом он физически более стабилен, а по сравнению с ВВ марки ФПА имеет регулируемую объемную концентрацию энергии взрыва и не содержит этиленгликоля. Гранулит-П , как и игданит и ВВ марки ФПА, изготовливается на месте применения с использованием оборудования, допущенного для этих целей Госгортехнадзором.

Допускается немеханизированное (ручное) изготовление Гранулита-П. Смешивание аммиачной селитры со вспененным полистиролом производится в смесительной камере зарядного агрегата или в смесительной емкости, куда одновременно в заданной пропорции подаются аммиачная селитра, вспененный полистирол и дизельное топливо.

Определение основных физических свойств Гранулита-П в зависимости от плотности пенополистирола было проведено на начальной стадии его разработки. Тогда же были проведены аналитические расчеты детонационных параметров. Использование Гранулита-П для разбора завалов при чрезвычайных ситуациях поставило ряд дополнительных задач, одна из которых – установление влияния плотности пенополистирола на скорость детонации Гранулита-П.

Исследования проводились во взрывной камере. В металлических трубах диаметром 60 мм взрывались заряды Гранулита-П при различной его плотности. Зависимость скорости детонации Гранулита-П от времени вспенивания входящего в его состав пенополистирола, представлена в таблице 3.

В полигонных условиях проводились исследования зарядов Гранулита-П больших диаметров. Результаты исследований показали, что изменяя степень вспенивания пенополистирола можно регулировать скорость детонации Гранулита-П, а следовательно, в значительных пределах изменять его детонационное давление.

Исследования по установлению влияния плотности пенополистирола на полезный импульс взрыва проводились во взрывной камере ВостНИИ на импульсомере И-25. По методике ВостНИИ определялась высота подъема груза в зависимости от плотности пенополистирола. Полученные данные приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Зависимость скорости детонации Гранулита-П
и насыпной плотности вспененного полистирола (Рпп) от времени вспенивания

Время вспенивания, с	0	30	90	120	180	300	600	900
Рпп	0,8	0,25	0,07	0,05	0,04	0,035	0,025	0,02
Скорость детонации, м/с	2000	2000	2000	1800	1750	1700	1650	1600

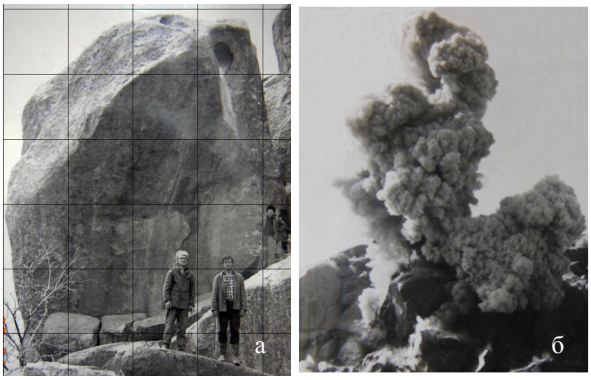

Рисунок 3 – Общий вид блока
а) до взрыва; б) момент взрыва

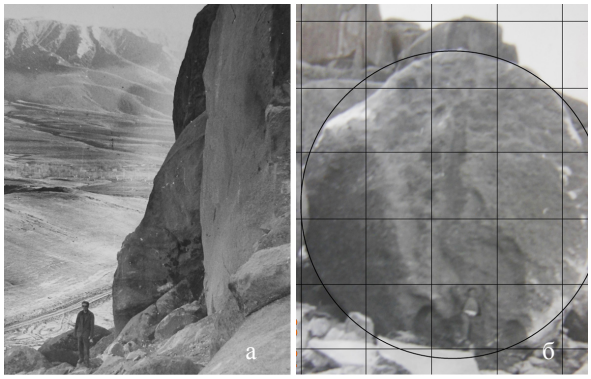

Рисунок 4 – Блок сброшен:
а) место блока; б) вид торца сброшенного блока

Рисунок 5 – Блок до взрыва

Рисунок 6 – Обмер блока

Таблица 4 – Высота подъема груза
на импульсомере ВостНИИ в зависимости
от времени вспенивания полистирола

Время вспенивания, с	0	60	90	120	180	300	600
Высота подъема груза, м	1,38	1,25	1,05	0,93	0,90	0,80	0,75

Следует отметить, что заряд игданита (5,5 % ДТ) поднимает груз на высоту 0,8–0,9 м. Следовательно, по полезному импульсу Гранулит-П значительно превосходит игданит.

На следующем этапе исследований были проведены опытные взрывы для перемещения блоков камня и бетона. На карьере “Каинда” Таласской области для перемещения был выбран гранитный валун объемом около 400 м^3, что соответствует массе, приблизительно в 1000 тонн. Взрывчатый состав Гранулит-П готовили ручным способом и помещали в расщелину между блоками гранита. Всего было заряжено около 100 кг Гранулита-П. Вид перемещаемого валуна до, в момент и после взрыва заряда показан на рисунках 3–4.

Опытные взрывы по перемещению бетонных блоков проводили на полигоне. Был подготовлен заряд взрывчатого состава марки ФПА-1 весом 1 кг, который поместили под бетонный блок объемом 0,2 м^3 (массой около 500 кг). Результаты полигонных испытаний представлены на рисунках 5–8.

Рисунок 7 – Приготовление состава ФПА-1: а) подготовка заряда; б) Размещение заряда

Рисунок 8 – Результаты взрыва 1 кг состава ФПА-1

Таким образом, результаты исследований и экспериментов показали возможность и большие перспективы использования низкоплотных взрывчатых смесей простейшего состава для взрывного разбора завалов при различных чрезвычайных ситуациях. Необходимо отметить, что при взрывном способе разбора завалов не существенна форма и масса перемещаемых блоков, а решающими факторами являются место (или места) размещения зарядов и их энергетические характеристики, которые при использовании ПВС могут варьироваться в очень широких пределах.

Литература

1. *Нифадьев В.И., Калинина Н.М., Савинков В.Д.* Низкоплотные и сверхнизкоплотные взрывчатые смеси: механизм детонации, область применения / В.И. Нифадьев, Н.М. Калинина, В.Д. Савинков // Научно-инновационная деятельность КРСУ. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2011. 298 с.
2. *Нифадьев В.И., Калинина Н.М., Савинков В.Д.* Низкоплотные и сверхнизкоплотные взрывчатые смеси / В.И. Нифадьев, Н.М. Калинина, В.Д. Савинков // Научно-инновационная деятельность КРСУ: Информационно-рекламный сборник. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2012. 236 с.
3. *Андреев К.К., Беляев А.Ф.* Теория взрывчатых веществ / К.К. Андреев, А.Ф. Беляев. М.: Оборонгиз, 1960. 596 с.
4. *Савинков В.Д., Калинина Н.М.* Результаты испытаний и внедрения простейших взрывчатых смесей на карьерах / В.Д. Савинков, Н.М. Калинина // Инф. листок, сер. 52.13.21. Фрунзе: КиргНИИНТИ, 1988.
5. *Баранов Е.Г., Жаркенов М.И. и др.* Исследование работоспособности взрывчатых смесей джезполитов с регулируемой плотностью / Е.Г. Баранов, М.И. Жаркенов и др. // ФТПРПИ. 1981. № 2. С. 45–49.