

**МЕТОД ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ВИДАМ ВЗРЫВНОГО ИМПУЛЬСА**

УДК 622.215.2.

**А. Н. Афанасенков, Л. И. Котова, Б. Н. Кукиб,
В. В. Лавров, К. К. Шведов**

Институт химической физики в Черноголовке РАН, 142432 Черноголовка

Предложен метод оценки чувствительности промышленных взрывчатых веществ к практическим видам взрывного инициирующего импульса: электродетонатору № 8, детонирующему шнуру и промежуточному детонатору (боевику). Приведены результаты опытов с гранулитом АС-8А, гранулотолом и граммонитом 79/21 насыпной плотности.

Испытания на чувствительность промышленных взрывчатых веществ (ВВ) к практическим видам взрывного импульса (электродетонатор № 8, детонирующий шнур, промежуточный детонатор) проводят с целью установить возможность их использования для надежного возбуждения детонации зарядов в производственных условиях и для сравнительной оценки опасности применения ВВ.

При проведении этих испытаний обязательно используются заряды диаметром $d > d_{кр}$, где $d_{кр}$ — критический диаметр детонации исследуемого ВВ. С целью уменьшения массы взрываемых зарядов, учитывая при этом, что наибольший инициирующий импульс необходим при $d \approx d_{кр}$, испытания целесообразно проводить на зарядах диаметром $d = (1,25-1,5)d_{кр}$. Отметим, что в США диаметр испытываемых зарядов ВВ по крайней мере вдвое превышает значение $d_{кр}$ [1].

Наиболее трудный вопрос в разработке надежного метода оценки чувствительности промышленных ВВ к практическим видам взрывного импульса — регистрация достижения нормального детонационного процесса в исследуемом ВВ. Как правило, для этого пользуются следовой методикой: визуальными наблюдениями действия взрыва заряда ограниченной длины на подложку (воронка в грунте, след или вмятина на пластине-свидетеле). Очевидно, что при таком подходе результат во многом будет зависеть от правильного выбора длины заряда. Для решения этого вопроса были проведены испытания на чувствительность зарядов гранулотола и граммонита 79/21 различной длины, диаметром 120 мм к взрыву электродетонатора или промежуточного детонатора. Заряды готовились засыпкой ВВ в картонные оболочки и помещались вертикально на мягком грунте. О процессе судили по остаткам заряда и воздействию взрывного процесса на грунт. Результаты опытов с зарядами гранулотола представлены в табл. 1.

Из проведенной серии экспериментов однозначно можно говорить о детонации лишь в случае инициирования гранулотола прессованной шашкой ТГ массой 10 г. В остальных случаях, хотя взрывной процесс проходил всю длину заряда, имеются явные признаки затухания.

В аналогичных экспериментах по оценке чувствительности граммонита 79/21 к дей-

Таблица 1

Инициатор	ρ , г/см ³	l , мм	l' , мм	Примечание
Электродетонатор № 8	0,91	360 (3 <i>d</i>)	360	Взрывной процесс прошел по всему заряду. Найдена донная часть бумажной оболочки заряда с тонким слоем расплава и вплавленными в него гранулами ВВ
	0,93	400 (3,3 <i>d</i>)	400	Взрывной процесс прошел по всему заряду
	0,92	480 (4 <i>d</i>)	370	Взрывной процесс затухает на расстоянии 100 мм от конца заряда. Найдена оставшаяся часть оболочки и рассыпанные гранулы ВВ
Отрезок детонирующего шнура	0,94	360 (3 <i>d</i>)	360	Взрывной процесс прошел по всему заряду. Найдена донная часть оболочки заряда с расплавом ВВ
	0,92	420 (3,5 <i>d</i>)	420	Взрывной процесс прошел по всему заряду
	0,93	480 (4 <i>d</i>)	460	Найдены донная часть оболочки заряда и небольшой остаток непрореагировавшего ВВ
Прессованная шашка ТГ массой 10 г	0,90	500 (4,2 <i>d</i>)	500	Заряд прдетонировал полностью. В грунте на месте расположения заряда большая воронка

Примечание. l' — длина прдетонировавшей части заряда.

ствию электродетонатора № 8 или отрезка детонирующего шнура взрывной процесс распространялся на всю длину заряда ($5d$). Можно предположить, что либо инициирующего импульса электродетонатора № 8 и детонирующего шнура достаточно для возбуждения устойчивого детонационного процесса в зарядах граммонита 79/21, либо затухание взрывного процесса происходит на большой длине. Имеются данные [2, 3], что при инициировании промышленных ВВ малыми промежуточными детонаторами область перехода нестационарного взрывного процесса в детонацию может затягиваться на длину в несколько диаметров и для различных ВВ быть не одинаковой. Следовательно, чтобы убедиться в надежности выводов о достижении нормального детонационного режима в промышленных ВВ по следовой методике, необходимо провести испытания на зарядах больших размеров с массой в десятки килограммов. Кроме того, следовая методика каждый раз требует предварительной тарировки размеров отпечатка (диаметр, глубина) при детонации для каждого испытуемого ВВ.

Очевидно, что проведение стандартных испытаний в таких условиях нецелесообразно. Уменьшения трудоемкости подобных испытаний и повышения надежности результатов можно добиться путем прямого измерения скорости фронта взрывного процесса на конечном участке заряда ограниченной длины. При этом предполагается, что значения $d_{кр}$ и $D_{кр}$ (критической скорости детонации) испытуемого ВВ известны. В этом случае отпадает необходимость в использовании удлинённых зарядов. Как показали исследования, достаточно использовать заряды длиной $l = 5d$, чтобы убедиться, что взрывной процесс развился до детонационного либо наступило затухание [4].

Если на указанном расстоянии процесс в ВВ еще не установился (найден остаток ВВ, скорость значительно меньше $D_{кр}$), то ВВ следует считать не чувствительным к данному

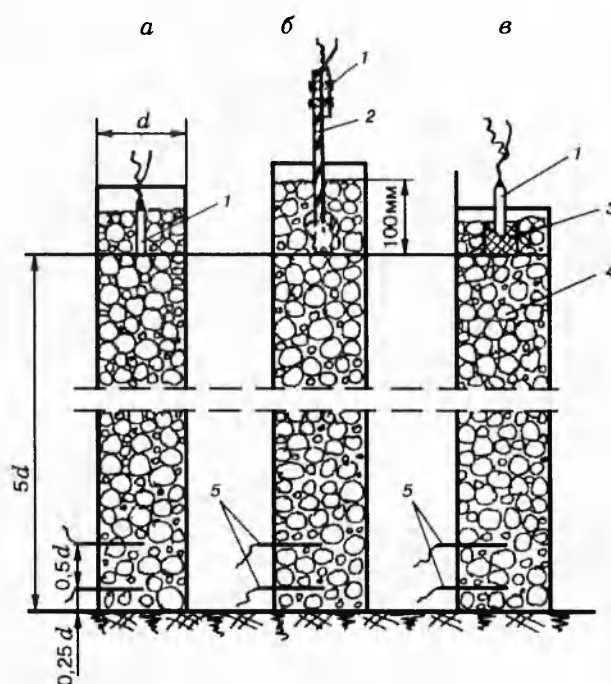


Схема проведения опытов по определению чувствительности промышленных ВВ к взрывным видам импульса:

a — к электродетонатору № 8; *б* — к детонационному шнуру; *в* — к промежуточному детонатору; 1 — электродетонатор; 2 — детонирующий шнур; 3 — промежуточный детонатор; 4 — испытываемое ВВ; 5 — датчики для измерения скорости детонации

инициатору. Если скорость распространения взрывного процесса близка к критической, то ВВ считается чувствительным к данному инициатору. Однако для сокращения переходной области и повышения надежности инициирования на практике следует применять более мощный инициатор; если в заряде ВВ устанавливается нормальный детонационный режим, то данный инициатор можно рекомендовать к практическому применению.

Таким образом, оценку чувствительности промышленных ВВ к практическим видам взрывного импульса предлагается проводить на зарядах (в бумажной или картонной оболочке) диаметром $d = 1,25d_{кр}$ и длиной $l = 5d$. Испытания рекомендуется начинать с определения чувствительности ВВ к действию электродетонатора № 8. Для этого подготовленный заряд устанавливается на грунт в вертикальном положении (рисунок, *a*). На конечном участке заряда на точно измеренной базе $\sim 0,5d$ размещаются датчики для регистрации скорости распространения взрывного процесса. Сверху вдоль оси заряда вводится электродетонатор № 8 (на всю длину последнего), и производится подрыв. По наличию или отсутствию остатков ВВ и состоянию грунта после взрыва судят о том, прошел взрывной процесс по всей длине заряда или нет. По величине измеренной скорости взрывного процесса можно судить о его характере.

При определении чувствительности к детонирующему шнуру (рисунок, *б*) отрезок детонирующего шнура с одинарным узлом на конце помещают в ВВ на глубину 10 см.

При определении чувствительности к промежуточному детонатору (рисунок, *в*) шашку-детонатор или патрон-боевик (например, патрон аммонита 6ЖВ) помещают в заряд на всю их высоту, следя за тем, чтобы расстояние от нижней точки инициатора до конца заряда было равно $5d$.

Таблица 2

ВВ	ρ , г/см ³	Инициатор	l , мм	l' , мм	D_k , км/с
Гранулит АС-8А, $D_{кр} = 2,8$ км/с	1,14	ЭД-8	540	230 (1,9d)	Остаток заряда
	1,13	ДШЭ-12	600	260 (2,2d)	Остаток заряда
	1,12	Шашка ТГ (10 г)	580	580 (4,8d)	3,26
Граммонит 79/21, $D_{кр} = 2,9$ км/с	1,03	ЭД-8	504	540 (4,5d)	2,69
	1,04	ДШЭ-12	600	600 (5d)	3,05
	0,98	Шашка ТГ (10 г)	580	580 (4,8d)	2,78

Примечание. D_k — скорость детонации на конечном участке заряда.

С каждым инициатором проводят три параллельных опыта. Сравнивая измеренную скорость распространения взрывного процесса и критическую скорость детонации этого ВВ, определяют, чувствительно ли исследуемое ВВ к данному инициатору.

По описанной методике были испытаны гранулит АС-8А и граммонит 79/21. Результаты испытаний для зарядов диаметром 120 мм представлены в табл. 2, там же даны значения $D_{кр}$.

Видно, что гранулит АС-8А не чувствителен к действию электродетонатора № 8 и детонирующего шнура ДШЭ-12 (взрывной процесс затухает после прохождения участка заряда длиной $\approx 2d$). Для надежного инициирования требуется применение промежуточного детонатора. При этом, как показывает эксперимент, даже небольшая шашка прессованного состава ТГ массой всего 10 г возбуждает в зарядах гранулита АС-8А устойчивый детонационный процесс (на конечном участке заряда $D = 3,26$ км/с).

Граммонит 79/21 оказывается чувствительным к действию электродетонатора № 8 и детонирующего шнура (взрывной процесс проходит по всей длине заряда). Однако вследствие того, что скорость распространения процессов, возбуждаемых всеми опробованными инициаторами на расстоянии $5d$, находится на уровне или несколько ниже критической скорости детонации граммонита 79/21 ($D_{кр} \approx 2,9$ км/с), для эффективного инициирования детонации в зарядах граммонита 79/21 необходимо применять более мощный промежуточный детонатор.

Таким образом, из приведенных данных видно, что предлагаемая методика может быть легко стандартизирована. Она дает однозначный ответ о способности выбранного инициатора вызвать детонационный процесс, а также позволяет получить дополнительную информацию об относительной чувствительности и опасности различных ВВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кук М. А. Наука о промышленных взрывчатых веществах. М.: Наука, 1975. С. 456.
2. Романов А. И., Кирилл В. И., Игнатьев Б. А. и др. Исследование условий возбуждения детонации гранулированных и водонаполненных ВВ. I // Использование взрыва в народном хозяйстве. Киев: Наук. думка, 1970. Ч. 1. С. 135.
3. Тутов Н. Г., Оберемок О. Н., Краснопольский И. А. Взрывание скважинных зарядов на флюсовых и железорудных карьерах. Днепропетровск: Проминь, 1974.
4. Cook M. A. The Science of High Explosives. New York: Reinold, 1958.

Поступила в редакцию 30/X 1995 г.