

ЛИТЕРАТУРА

1. P. S. De Carli, J. C. Jamieson. Science, 1961, 133, 3467.
2. L. F. Trueb. J. Appl. Phys., 1968, 39, 10.
3. L. F. Trueb. J. Appl. Phys., 1971, 42, 2.
4. J. R. Cowan, B. W. Dunnington, A. H. Holzman. U S Patent 3.401.019, 1968.
5. А. М. Ставер, А. А. Дерибас. ФГВ, 1977, 13, 3.
6. Г. А. Ададунов, О. Н. Бреусов и др. Тез. II Всесоюз. симпозиума по импульсным давлениям. М., 1976.
7. Г. А. Ададунов, А. В. Балувев и др. Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1977, 13, 4, 649.
8. В. И. Трефилов, Г. И. Саввакин и др. Докл. АН СССР, 1978, 239, 4.
9. D. J. Morris. J. Appl. Phys., 1980, 51, 4.
10. К. Эндрюс, Д. Дэйсон, С. Киоун. Электронограммы и их интерпретация. М.: Мир, 1971.
11. С. С. Горелик, Л. Н. Расторгуев, Ю. А. Скаков. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: Металлургия, 1970.
12. В. Е. Батурич, Ю. Д. Клебанов. Порошковая металлургия, 1975, 1.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВВ ПРИ ВЗРЫВАХ В ГРУНТАХ

Б. И. Вайнштейн, В. М. Кузнецов, А. Ф. Шацкевич
(Москва)

Эффективность взрывов в грунтах наиболее полно можно характеризовать зависимостями параметров воронки выброса от глубины заложения заряда и полями массовых скоростей, т. е. распределениями во времени и по пространству массовых скоростей грунта. Поля массовых скоростей дают возможность определить смещения, деформации, кинетическую энергию грунта, а также оценить плотность грунта и размеры котловой полости.

Относительную эффективность источников при взрывах в грунтах удобно оценивать с помощью тэнового эквивалента η (коэффициент, на который необходимо умножить энергию рассматриваемого источника, чтобы зависимости, характеризующие действие взрыва данного источника в грунте, совпали с полученными при взрывах зарядов тэна в том же грунте). Например, распределение массовых скоростей во времени и по пространству при взрыве рассматриваемого источника имеет вид

$$u = f(R/C^{1/3}, t/C^{1/3})_{\text{тэн}} = f[R/(\eta C)^{1/3}, t/(\eta C)^{1/3}]_{\text{ист.}}$$

Понятно, что η имеет смысл при условии, что характер закономерностей, описывающих механическое действие рассматриваемого источника и взрыва зарядов тэна, отличается незначительно.

При взрывах в насыпных порошкообразных средах, как показали эксперименты [1], относительная эффективность источников при равной энергии взрыва определяется температурой продуктов. В частности, при постоянных энергии взрыва и концентрации энергии повышение температуры продуктов вызывает снижение эффективности взрыва.

В случаях, когда можно пренебречь испарением или разложением среды в очаге взрыва на ранних стадиях расширения полости, в насыпных средах η равен отношению начальной температуры продуктов детонации тэна к начальной температуре продуктов рассматриваемого источника, т. е.

$$\eta = T_{0 \text{ тэн}}/T_0$$

или приближенно

$$\eta = 9,5(n_0/\Delta E_0)^{0,6}, \quad (1)$$

где n_0 — количество газообразных продуктов взрыва, моль/г; ΔE_0 — энергия взрыва, ккал/г.

Зависимость тэнового эквивалента взрыва от количества газообразных продуктов на единицу энергии (или от начальной температуры про-

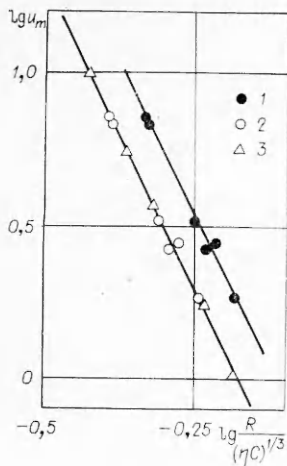


Рис. 1.

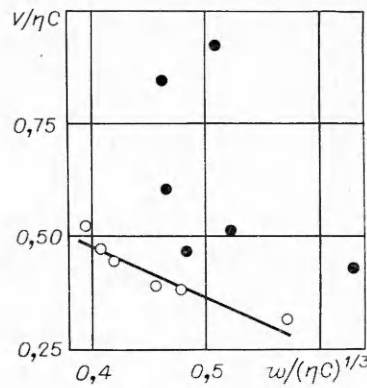


Рис. 2.

дуктов) получена в основном по результатам анализа полей массовых скоростей при взрывах в насыпных средах — кварцевом песке, порошкообразном барите, карбиде бора и др. Можно было ожидать, однако, что эта зависимость будет в достаточной мере справедлива и для взрывов в средах, заметно отличающихся по механическим свойствам от насыпных порошкообразных сред. Это следовало из того факта, что необратимые потери энергии в зоне, где теряется основная доля энергии взрыва (~5 радиусов заряда), слабо зависят от изменения начальных механических свойств зоны, если изменения не вызывают резкого нарушения условий для тепло- и массообмена [2].

Рассмотрим как отразится на результатах взрывов различных химических ВВ в прочных средах учет тэнового эквивалента, полученного при взрывах в насыпных грунтах.

Взрывы проводили в кварцевом песке, зажато через резиновую герметичную оболочку всесторонним внешним статическим давлением в 200 атм. Плотность песка составляла 1,77 г/см³, пористость ~32%, влажность меньше 0,5%, преимущественный размер частиц 0,1—0,15 мм, скорость звука ~1800 м/с. Регистрировали массовые скорости песка во времени на различных расстояниях от центра взрыва при взрывах сферических зарядов тэна массой 0,8 г и взрывах смесевых зарядов массой 3,1 г, состоящих из 80% перхлората аммония и 20% тэна. При вычислении теплоты взрыва и количества газообразных продуктов смесевых зарядов полагали, что взрыв заряда происходил с максимальным выделением энергии. Исходные параметры зарядов тэна: плотность $\rho = 0,55$ г/см³, $\Delta E_0 = 1,4$ ккал/г, $n_0 = 0,0348$ моль/г, $\eta = 1$; смесевых ВВ: $\rho = 0,7$ г/см³, $\Delta E_0 = 0,694$ ккал/г, $n_0 = 0,0336$ моль/г, $\eta = 1,54$.

Результаты экспериментов показали, что массовые скорости песка, зажато внешнего давлением в 200 ат, на приведенных расстояниях от центра взрыва ($R/C^{1/3}$, м/(10³ ккал)^{1/3}) в приведенные моменты времени ($t/C^{1/3}$, с/(10³ ккал)^{1/3}) при взрывах смесевых зарядов выше, чем при взрывах зарядов тэна. Совпадение полей массовых скоростей песка рассматриваемых взрывов имело место, если приписать смесевым зарядам энергию в 1,54 раза выше фактической, т. е. $\eta = 1,54$. Такой же эквивалент η имел место и при взрывах в насыпном песке (1).

На рис. 1 приведены зависимости максимальной массовой скорости (u_m , м/с) от расстояния до центра взрыва ($R/(\eta C)^{1/3}$,

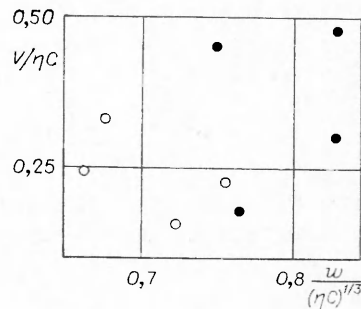


Рис. 3.

| ВВ | ΔE_0 , ккал/г | $n_0 \cdot 10^2$, моль/г | $C \cdot 10^{-3}$, ккал | w , м | V , м ³ | η |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------|----------------------|--------|
| <i>Взрывы в песчанике</i> | | | | | | |
| ПЖВ-20 | 0,824 | 3,2 | 0,33 | 0,321 | 0,2 | 1,35 |
| ПЖВ-60 | 0,412 | 1,6 | 0,165 | 0,345 | 0,071 | 1,35 |
| А-13,5 | 0,798 | 4,12 | 0,319 | 0,315 | 0,27 | 1,61 |
| А-7 | 0,596 | 4,25 | 0,238 | 0,315 | 0,22 | 1,95 |
| № 305 | 0,800 | 2,5 | 0,32 | 0,33 | 0,15 | 1,19 |
| Э-6 | 0,633 | 2,33 | 0,253 | 0,33 | 0,13 | 1,31 |
| <i>Взрывы в угольном пласте</i> | | | | | | |
| ПЖВ-20 | 0,824 | 3,2 | 0,165 | 0,41 | 0,075 | 1,35 |
| А-7 | 0,596 | 4,25 | 0,119 | 0,408 | 0,057 | 1,95 |
| № 305 | 0,800 | 2,5 | 0,16 | 0,415 | 0,029 | 1,19 |
| Э-6 | 0,633 | 2,33 | 0,127 | 0,415 | 0,038 | 1,31 |

$m/(10^3 \text{ ккал})^{1/3}$) при взрывах зарядов тэна и смесевых зарядов в песке, зажатом внешним давлением в 200 атм (1 — фактические результаты взрывов смесевых зарядов, $\eta = 1$; 2 — те же результаты при $\eta = 1,54$; 3 — результаты взрывов зарядов тэна, $\eta = 1$).

Шпуровые заряды различных химических ВВ взрывали в песчанике и угольном пласте. Прочность песчаника по шкале М. М. Протодьяконова $f = 6$, прочность угля $f = 3$. В песчанике взрывали два патрона ВВ диаметром 36 и длиной ~ 180 мм каждый с общей массой 400 г. При взрывах в угле использовали один патрон ВВ массой 200 г. Взрывы проводили в шпурах глубиной около 500 мм, забойка шпура — глина. Регистрировали объемы воронок выброса.

В таблице даны удельная энергия ВВ и удельное количество газообразных продуктов (ΔE_0 , n_0), энергия взрыва (C), глубина заложения заряда (от центра заряда — w), объем воронки выброса по результатам 3—5 опытов (V) и тэновый эквивалент ВВ, вычисленный по (1).

На рис. 2, 3 даны приведенные объемы воронок выброса на приведенных глубинах заложения зарядов при взрывах различных химических ВВ в песчанике (рис. 2) и угольном пласте (черные точки — фактические результаты взрывов, $\eta = 1$; светлые точки — те же результаты с учетом тэнового эквивалента).

Введение коэффициента η , полученного при взрывах в насыпном песке, в результаты взрывов различных химических ВВ в прочном песчанике и угольном пласте привело к существенному снижению разброса экспериментальных данных и позволило оценить зависимость объема воронки выброса в песчанике от глубины заложения заряда по данным взрывов различных химических ВВ (см. рис. 2). Таким образом, можно ожидать, что относительная эффективность источников при взрывах в средах с заметно различными механическими свойствами примерно одинакова. Для оценки относительной эффективности источников при взрывах в твердых средах можно использовать зависимость тэнового эквивалента от температуры или от количества продуктов на единицу энергии, полученную при взрывах в насыпных грунтах.

Поступила в редакцию 13/V 1983

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Кузнецов, А. Ф. Шацкевич. ФГВ, 1977, 13, 5.
2. В. М. Кузнецов, А. Ф. Шацкевич. ФГВ, 1979, 15, 4.