

В. В. Адушкин, Р. З. Камалян

## ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРАХ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ВЫБРОСА

Приведены некоторые результаты экспериментальных натуральных взрывов скважинными зарядами выброса с целью установления оптимального соотношения между основными параметрами воронки и коэффициентом удлинения заряда. Показано, что результаты натуральных взрывов находятся в хорошем соответствии с данными лабораторных исследований.

Целесообразность применения скважинных зарядов выброса определяется не только технологией подготовительных работ, но и эффективностью их экскавационного действия. В работе [1] показано, что эффективность экскавационного действия скважинных зарядов выброса наряду с традиционными параметрами заложения — массой заряда и глубиной его расположения — зависит также от коэффициента удлинения заряда  $\eta = h/d$ , где  $h$  — высота заряда,  $d$  — диаметр. Экспериментальные взрывы проводились в лабораторных условиях в песчаном грунте, физико-механические свойства которого характеризовались объемной массой  $1,47—1,51$  г/см<sup>3</sup> и влажностью  $3,8—4,2$  %.

В настоящей работе приведены некоторые результаты взрывов, проведенных в полевых условиях (Каршинская степь). Одна из задач заключалась в установлении зависимости между коэффициентом удлинения и основными параметрами воронки (выемки) выброса. Напомним основные параметры воронки выброса: видимая глубина  $H$ , радиус  $R$  и объем  $V$  (или площадь сечения  $S$ ).

Взрывы скважинными зарядами выброса с  $d \approx 0,4$  м проводились в лессовидных суглинках, причем для анализа влияния  $\eta$  на эффективность экскавационного действия использовались результаты рядных взрывов и скважинных зарядов. В качестве ВВ использовался аммонит 6ЖВ или АС-4, который по энергетическим характеристикам близок к ammo-

Исходные данные и результаты взрывов на выброс скважинными зарядами

ВВ	$H_{ск}$ , м	$h$ , м	$l$ , м	$S$ , м <sup>2</sup>	$V$ , м	$H$ , м
6ЖВ	5,75	3,45	2,3	68,02	20,4	6,5
	5,80	2,85	2,95	84,67	23,0	6,4
	5,80	2,05	3,75	57,46	22,0	5,2
	5,95	2,10	3,85	52,02	20,6	4,8
	6,00	2,0	4,0	53,04	21,0	3,6
	5,75	3,5	2,25	66,96	21,2	6,2
	5,75	3,45	2,3	67,12	21,2	6,2
	5,80	2,05	3,75	57,46	22,0	5,2
	6,0	2,0	4,0	51,74	21,0	3,6
	5,95	2,1	3,85	53,76	20,6	4,8
	5,80	2,85	2,95	82,88	23,0	6,4
	5,75	2,0	3,75	55,92	24,4	5,23
	АС-4	5,40	4,40	1,0	60,0	20,0
5,80		2,2	3,6	59,94	21,0	5,0
5,50		2,9	2,6	82,7	24,0	6,0
5,45		3,1	2,35	77,59	21,2	5,8
5,80		2,2	3,6	63,83	23,0	4,4
5,70		2,9	2,8	79,2	24,5	6,2

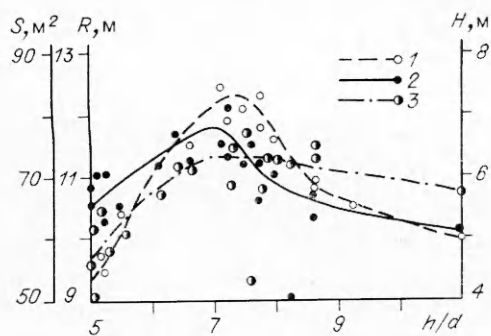


Рис. 1. Зависимость радиуса воронки выброса (1), площади поперечного сечения выемки (2) и видимой глубины воронки (3) от коэффициента удлинения заряда.

из рисунка, между сечением  $S$  воронки (выемки) и коэффициентом удлинения существует (при прочих относительно равных условиях) однозначная связь. Объем воронки возрастает с увеличением  $\eta$  до определенного значения, после которого экскавационная эффективность начинает снижаться. Аналогичная зависимость отмечается, несмотря на относительно большой разброс точек, и между линейными параметрами воронки (выемки) и  $\eta$  (рис. 1, 1, 3). Таким образом, как следует из приведенных зависимостей, существует оптимальное значение  $\eta$ , при котором экскавационная эффективность максимальна.

Сравним полученные результаты с некоторыми данными лабораторных исследований [1]. Отметим, что в экспериментах в качестве источника взрывов использовались заряды цилиндрической формы из сплава тротила с гексогеном (ТГ 50/50) с плотностью заряжения  $1670 \text{ кг/м}^3$ . В [1] с целью наиболее выгодного определения соотношения (с точки зрения эффективности выброса) между геометрическими размерами заряда и параметрами заложения используется следующее выражение:

$$h = (\pi d^2 \rho / 4)^{0,5} (\bar{w} / \lambda)^{1,5}, \quad (1)$$

где  $\lambda = w/h$  — соотношение между глубиной заложения центра массы заряда и его длиной;  $\rho$  — плотность заряжения ВВ в скважине;  $\bar{w} = w/q^{1/3}$  — приведенная глубина заложения центра массы заряда;  $q$  — масса заряда ВВ;  $w$  — расстояние от центра массы заряда до дневной поверхности.

Величина  $\lambda$  связана с длиной забойки  $l - w - (h/2)$  соотношением

$$\lambda = 0,5 / (1 - l/w).$$

Из выражения (1) для условий проведенных лабораторных экспериментов можно получить зависимость допустимого удлинения заряда от приведенной глубины взрыва и заданного соотношения длины забойки скважины и длины заряда [1]

$$(h/d)_{\text{доп}} = 36,2 (\bar{w} / \lambda)^{1,5}.$$

На рис. 2 кривая 3 соответствует предельному случаю ( $\lambda = 0,5$ ), когда забойка отсутствует. Имеющиеся рекомендации для удлиненных зарядов выброса предлагают соотношение между длиной забойки и общей глубиной скважины, равное  $1/3$  ( $\lambda = 1$ ). На рис. 2 этому соотношению соответствует кривая 2, откуда видно, что наилучшие условия для выброса скважинными зарядами с  $\lambda = 1$  реализуются только в случае зарядов с  $l > 30d$ , что не соответствует оптимальному удлинению в соотношении получения максимального объема выброса (рис. 1 и 3). Из рис. 2, 1 для отношения длины забойки к глубине скважины, равного  $1/2$  ( $\lambda = 1,5$ ), следует, что результат выброса окажется существенно лучше.

Итак, результаты лабораторных опытов, проведенных в песчаном грунте, совпадают в целом с результатами крупномасштабных натуральных взрывов, осуществленных в лессовидных суглинках. Однако, и это следует отметить, выводы настоящих исследований, по-видимому, нельзя рас-

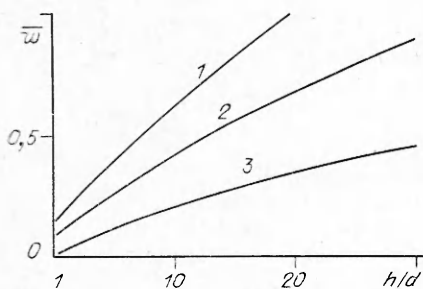


Рис. 2. Соотношение между приведенной глубиной взрыва и удлинением заряда для характерных случаев.

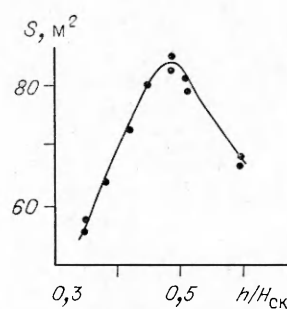


Рис. 3. Зависимость площади поперечного сечения выемки (воронки) выброса от коэффициента заполнения скважины.

пространить на скальные грунты, так как в этом случае, при прочих относительно равных условиях, значительное влияние на величину забойки (его оптимальное значение) могут оказать прочностные характеристики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В. В., Зыков Ю. Н., Либин В. Я. Об эффективности скважинных зарядов выброса в песчаном грунте // ФТПРПИ. — 1988. — № 4. — С. 35—39.
2. Светланов Б. Я., Яременко И. Е. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. — М.: Недра, 1973. — 203 с.

г. Краснодар

Поступила в редакцию 14/VIII 1990,  
после доработки — 16/IX 1991

УДК 234.465

А. В. Троцюк, П. А. Фомин

### МОДЕЛЬ ПУЗЫРЬКОВОЙ ДЕТОНАЦИИ

Предложена модель детонации в двухфазной гетерогенной смеси пузырьки химически реагирующего газа — химически инертная жидкость. Модель построена с учетом сжимаемости и вязкости жидкости, наличия периода индукции химической реакции и сдвига химического равновесия. Сделаны расчеты инициирования волны и выхода ее на стационарный режим. Результаты расчетов находятся в хорошем соответствии с экспериментом. Показана не известная ранее возможность распространения волны со сверхзвуковой (относительно «замороженной» скорости звука) скоростью при больших начальных давлениях в смеси. Структура волны при до- и сверхзвуковом режимах распространения существенно различна. В первом случае происходит плавное изменение давления в волне сжатия, во втором — имеет место скачок давления на переднем ударном фронте волны.

Теория недавно открытого [4—7] явления пузырьковой детонации далека от своего завершения. К недостаткам теоретического моделирования рассматриваемого процесса относится неадекватное реальности описание динамики движения пузырьковой смеси. Так, в [8, 9] жидкость полагается несжимаемой, а в [10—12] система нелинейных уравнений гидродинамики путем линеаризации сводится к некоторым модельным квазилинейным уравнениям (типа Картевега — де-Вриза — Бюргера с добавочными членами), которые могут претендовать лишь на качественное описание эволюции профиля давления волны.

Громоздкость и трудная обозримость точных кинетических расчетов газофазных химических реакций служит причиной того, что существующие теоретические исследования пузырьковой детонации основаны на использовании простых, но, как правило, физически необоснованных и низкоточных приближенных моделей кинетики. В частности, в [8—17]