

Значения скорости детонации, полученные для второй схемы опытов, приведены в табл. 2. Каждое значение является средним 4÷6 экспериментальных результатов. Часть опытов для контроля проведена со стеклянными трубками с внутренним диаметром 5÷25 мм и толщиной стенки ~ 1 мм. В этих опытах параллельно регистрировался процесс распространения детонационной волны фотохронографическим методом с помощью СФР. Результаты опытов по измерению D смеси ТНМ/НБ (76/24) в стеклянных трубках совпадают с результатами, полученными для капилляров. Все опыты проводились при температуре $\sim 21^\circ\text{C}$.

Во всех проведенных опытах с капиллярами полученный разброс значений D никак не коррелирует с величиной внутреннего диаметра. Это означает, что предельный диаметр для исследованных растворов меньше 0,8 мм. Из экспериментальных результатов определения скорости детонации в зависимости от содержания окислителя в жидких взрывчатых растворах на основе тетранитрометана и фторнитроформа видно, что все максимумы скорости детонации смещены в область составов с отрицательным кислородным балансом. Так, например, для растворов тетранитрометана с нитробензолом он равен —6%, с бензолом —8%, с толуолом —7%, т. е. полученные результаты не противоречат установленному факту для подобных соединений.

Совпадение значения $D=7445$ м/с для стехиометрического состава ТНМ с НБ (76,85/23,15) с результатом [6] ($D=7430$ м/с) вполне удовлетворительно. Однако значения D для стехиометрического состава ТНМ с бензолом различаются почти на 40 м/с.

Отсутствие скачков скорости при изменении диаметра трубок в широких пределах, подтвержденное параллельной регистрацией процесса детонации фотохронографическим и ионизационным методом, свидетельствует о надежности выбранного метода измерений. Преимущества его особенно наглядны при проведении опытов с новыми синтезированными ВВ, получаемыми, как правило, в небольших количествах.

Поступила в редакцию
21/IX 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Ю. Орлова. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Л., Химия, 1973.
2. А. Штетбахер. Пороха и взрывчатые вещества. М., ОНТИ, 1936.
3. Ф. А. Баум, К. П. Станюкович, Б. И. Шехтер. Физика взрыва. М., Физматгиз, 1959.
4. В. А. Одинцов. ЖПХ, 1961, 34, 5.
5. J. Roth. Z. ges. Schiess- u. Sprengstoffw., 1941, 36, 28, 52.
6. T. Urbanski, M. Piskorz a. o. Biul. WAT., 1959, 8, 42, 24, 37 (ссылка из [4]).
7. И. М. Воскобойников, Г. С. Соснова. ПМТФ, 1961, 4.
8. А. Я. Апин, И. М. Воскобойников, Г. С. Соснова. ПМТФ, 1963, 5.
9. Я. М. Паушкин. Химический состав и свойства реактивных топлив. М., Изд-во АН СССР, 1958.
10. В. Н. Зрелов, Е. П. Серегин. Жидкие ракетные топлива. М., Химия, 1975.
11. T. Urbanski. Chemie und Technologie der Explosivstoffe. B. I. Leipzig, 1961.
12. Л. Т. Еременко, Ф. Я. Нацibuллин, И. П. Боровинская. Изв. АН СССР, сер. химич., 1968, 2, 429.

О ВЫБОРЕ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ КРИВОЙ ИЗЭНТРОПИЧЕСКОГО СЖАТИЯ

А. В. Жуков
(Томск)

В последнее время в литературе при построении уравнений состояния для описания ударного эксперимента в сплошных и пористых материалах за «опорную» кривую часто принимается кривая изэнтропического сжатия в переменных давление — объем $p_s(v)$ [1—3]. Выбор конкретно используемой интерполяционной зависимости при этом не обсуждается.

В настоящем сообщении проводится анализ интерполяционных свойств наиболее часто используемых формул для $p_s(v)$ на примере расчета параметров кинематического соотношения между скоростью фронта ударной волны D и массовой скоростью u для металлов

$$D = c + \lambda u + \mu u^2. \quad (1)$$

Рассмотрены следующие двухпараметрические формулы:

$$p_s = \frac{3B}{m} \tau^{-2/3} (e^{2m(1-x^{1/3})} - e^{m(1-x^{1/3})}), \quad (2)$$

$$p_s = B(x^{-1} - 1)x^{-n}, \quad (2')$$

$$p_s = B/k \cdot (x^{-k} - 1), \quad (2'')$$

$$p_s = B/L \cdot (e^{L(1-x)} - 1), \quad (2''')$$

где $x = v/v_0$; m, n, k, L, B — параметры потенциалов; индекс нуль здесь и далее обозначает начальное, равновесное состояние материала; v — удельный объем.

Обычно параметры формулы (1) определяются интерполированием экспериментальной $D-u$ -зависимости для достаточно сильных ударных волн ($u \sim 1$ км/с и выше). В этой области давлений из-за наличия релаксационных процессов тензор напряжений за фронтом ударной волны близок к шаровому (см., например, [4, 7]). Поэтому прочностными эффектами при дальнейшем рассмотрении будем пренебрегать и формально рассматривать в (1) предельный переход при $u \rightarrow 0$.

В рамках модели Рэнкина — Гюгоньо ($p_\Gamma = Du/v_0$, $D = v_0(p_\Gamma/(v_0 - v))^{1/2}$) коэффициенты формулы (1) связаны с ударной адиабатой $p_\Gamma(v)$ соотношениями

$$c = v_0 (-p'_\Gamma)^{1/2}, \quad \lambda = \frac{v_0 p''_\Gamma}{4p_\Gamma}, \quad \mu = \frac{1}{c} \left(\frac{v_0^2 p'''_\Gamma}{6p'_\Gamma} - 3\lambda^2 \right), \quad (3)$$

где штрих обозначает производную по v , вычисленную при $v = v_0$.

Условия касания ударной адиабаты и изэнтропы сжатия в начальной точке

$$p'_\Gamma = p'_s, \quad p''_\Gamma = p''_s, \quad p'''_\Gamma = p'''_s - \frac{1}{2} p''_s \gamma_0 / v_0 \quad (4)$$

приводят к формулам, непосредственно связывающим коэффициенты кинематического соотношения (1) с параметрами потенциалов (2)

$$c = (B_0 v_0)^{1/2}, \quad (5)$$

$$\lambda = (m+2)/4 = (n+1)/2 = (k+1)/4 = L/4, \quad (6)$$

$$\mu = -1/c \cdot [25/432 \cdot m^2 - (\gamma_0 - 1)/12 \cdot m - (18\gamma_0 + 23)/108],$$

$$\mu = -\frac{n+1}{c} \left(\frac{n-1}{4} - \frac{\gamma_0}{6} \right) = -\frac{k+1}{c} \left(\frac{k-7}{48} - \frac{\gamma_0}{12} \right) = -\frac{L}{c} \left(\frac{L}{48} - \frac{\gamma_0}{12} \right). \quad (7)$$

Здесь γ_0 — коэффициент Грюнайзена. Из сравнения экспериментальных значений c, λ, μ с расчетными по (5)–(7) можно судить об интерполяционных свойствах рассмотренных формул для p_s . На практике, однако, как правило, соотношения (5), (6) используются для определения самих параметров потенциалов, и поэтому единственной проверочной величиной остается μ .

Для большинства металлов $\lambda \sim 1,5$, а γ_0 меняется в интервале $1,5 \div 2,5$. Из (6) получаем границы изменения μ в единицах $1/c$ в порядке следования потенциалов: $-0,3 \div 0,2$; $0 \div 0,5$; $1,08 \div 1,58$; $0 \div 0,5$.

Имеющийся в литературе материал по обработке экспериментальных данных зависимостью (1) указывает на то, что коэффициент μ отрицателен и мал по величине, в частности, в [5] приводится значение $\mu = -0,05/c$. Из этого следует, что потенциал Морзе (2) обладает лучшими интерполяционными свойствами, а потенциал (2'') наиболее плох, хотя он и получил наибольшее распространение.

Для случая $\mu = 0$ из (6), (7) получаем формулы, связывающие γ_0 с параметром λ

$$\gamma = \begin{cases} (25\lambda^2 - 16\lambda - 4)/9\lambda, \\ 3(\lambda - 1), \\ \lambda - 2, \\ \lambda. \end{cases} \quad (8)$$

Анализ экспериментального материала на основе (8) подтверждает высказанное выше утверждение.

Полученный результат полностью согласуется с выводами работы [6], где показано, что формула Морзе хорошо аппроксимирует парный потенциал, рассчитанный по псевдопотенциальной модели сил связи в щелочных металлах.

Поступила в редакцию
22/XI 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Зубарев, М. А. Подурец и др.— В сб.: Детонация. Критические явления. Физико-химические превращения в ударных волнах. Черноголовка, 1978, с. 61.
2. А. А. Долгов, М. Ю. Мессинев. ФГВ, 1978, 14, 4.
3. В. А. Жданов, А. В. Жуков. ПМТФ, 1978, 5.
4. Н. С. Козин, Н. К. Кузьмина. ПМТФ, 1977, 4.
5. А. Н. Афанасенков, И. М. Богомолов, И. М. Воскобойников. ПМТФ, 1969, 4.
6. К. Кенжаев, В. Э. Шемьин-заде. ЖТФ, 1978, 48, 8.
7. А. П. Дремин, Г. И. Канель. ПМТФ, 1976, 2.

ВОЗМОЖНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИЛЬНЫХ ВЗРЫВОВ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТКАХ НЕБОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ

А. М. Быков, А. Н. Прозоров
(Кемерово)

Исследования в опытных штольях [1, 2] показали, что распространение взрыва пыли в горных выработках может носить детонационный характер. Однако в работе [1] отмечается, что такой процесс может иметь место при взрыве в гладкостенной выработке большой протяженности по заранее подготовленному, наиболее взрывоопасному облаку при очень сильном источнике воспламенения. Протяженными, как правило, принято считать выработки длиной 400—500 м и более.

Эксперименты по изучению взрывчатых свойств пыли в данном случае проводились в стальной трубе диаметром 2,2 м и общей длиной 260 м, толщина стенок трубы 20 мм. В одном из экспериментов получен взрыв, вызвавший разрушение опытной штольи на расстоянии 150 м от места инициирования.

При опытах использовалась пыль следующего состава: содержание золы в угольной пыли $A^c=6,65\%$, выход летучих веществ на горючую массу $V^r=42,9\%$, содержание в пыли $CO_2=1,28\%$, содержание влаги аналитической $W^a=3,8\%$. Дисперсный состав испытуемой пыли: частиц размером более 125 мкм — 16,7%, частиц размером менее 125 мкм — 14%, частиц размером менее 75 мкм — 69,3%.

Схема проведения опыта приведена на рис. 1. Угольная пыль нанесена на внутреннюю поверхность штольи (120 кг) и частично (22 кг) располагалась на полках. Средневзвешенная концентрация угольной пыли при условии полного ее перехода во взвешенное состояние составляла 295 г/м^3 (объем запыленного участка 475 м^3). Угольная пыль инициировалась взрывом 25 м^3 10%-ной метано-воздушной смеси, воспламеняемой зарядом аммонита 6ЖВ весом 400 г. Камера инициирования длиной 6 м, в которой приготавливалась метано-воздушная смесь, отделялась от остальной части штольи диафрагмой. По длине штольи через каждые 20 м устанавливались датчики давления и пламени. В качестве датчиков давления использовались индуктивные датчики ДД-10 с усилителями ИД-2И, а для регистрации пламени — фотодиоды ФД-3. Показания датчиков давления и пламени записывались двумя осциллографами Н-700.

После взрыва инициирующей смеси ударная волна распространялась по штолье от тупиковой части до ее открытого конца, причем характер и величина давления, развиваемые ударной волной, аналогичны давлению при взрыве одной инициирующей смеси без угольной пыли (рис. 2). Остаточное давление в штолье после прохождения ударной волны составляло $\sim 0,4 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, скорость распространения ударной волны $\sim 460 \text{ м/с}$.

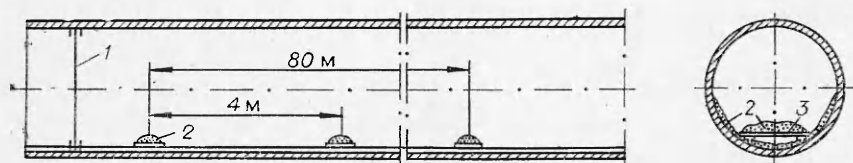


Рис. 1. Схема проведения опыта.
1 — диафрагма; 2 — угольная пыль; 3 — полка.