

Рис. 2.

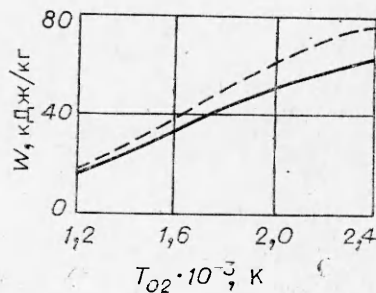


Рис. 3.

рация в смеси N_2O+N_2 незначительно меньше, чем в смеси N_2O+N_2+He . Положительный коэффициент усиления в смеси без гелия был получен как в расчете, так и в эксперименте [5].

На рис. 3 для ГДЛ со смещением в канале постоянного сечения приведена зависимость энергосъема от температуры при $p_{01}=1$ МПа (сплошная линия) и $p_{01}=3$ и 5 МПа (штриховая линия). Параметры ГДЛ те же, что и в расчетах, представленных на рис. 2.

В работе [10] численно исследован режим генерации в гомогенном N_2O -лазере. Рассчитанное в настоящей работе значение энергосъема в 1,5 раза превышает значение, полученное в указанной статье при тех же параметрах. Учитывая, что в [10] не приведена форма сопла, а также приближенно учтено влияние вязкости и теплопроводности, такое согласие следует признать удовлетворительным.

Поступила в редакцию
27/XII 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Крошко, Р. И. Солоухин, Н. А. Фомин. ФГВ, 1974, 10, 4.
2. J. P. Taran, M. Charpanel, R. Borgchi. AIAA Paper, 1973, No. 73—622.
3. W. Schall, P. Hoffman, H. Hügel. J. Appl. Phys., 1977, 48, 2.
4. P. E. Cassidy, J. Newton. AIAA Paper, 1976, No. 76—343.
5. А. С. Бирюков, А. Ю. Волков и др. Препринт. ФИАН № 140, 1974.
6. В. Г. Тестов, Ю. И. Гринь. ЖЭТФ, 1976, 71, 1 (7).
7. А. С. Бирюков, Ю. А. Кулагин, Л. А. Шелепин. ЖТФ, 1976, 46, 2.
8. С. А. Лосев. Газодинамические лазеры, М., Наука, 1977.
9. В. И. Головичев, М. Д. Таран.— В сб.: Аэрофизические исследования. Вып. 6. Новосибирск, ИТПМ СО АН СССР, 1976.
10. M. Brunne, A. Zielinski, J. Milewski. Bulletin de L'Academie Polonaise des sciences, serie des sciences techniques, v. XXV, № 5, 1977.

СКОРОСТЬ ДЕТОНАЦИИ НЕКОТОРЫХ ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ТЕТРАНИТРОМЕТАНА И ФТОРНИТРОФОРМА

Е. В. Зотов, Г. Б. Красовский, В. А. Кручинин, В. Н. Рыжова
(Москва)

Как известно [1], тетранитрометан (ТНМ) со многими органическими веществами, в частности с нитробензолом (НБ), образует мощные высокочувствительные жидкие взрывчатые смеси, являющиеся физически однородными смесями с молекулярной степенью дисперсности [2]. Смеси на основе тетранитрометана имеют очень малый критический диаметр $d_{кр}$, например, для стехиометрической смеси ТНМ с НБ $d_{кр}=0,05$ мм (по данным [3]), для смеси ТНМ с дизельным топливом $d_{кр}<0,5$ мм [4].

Однако необходимо отметить, что существующие литературные данные о скоростях детонации (D) смесей ТНМ, например с НБ, достаточно противоречивы [5—8]. Обычно [1, 9, 10] ссылаются на работу [5], где подробно исследованы взрывчатые свойства ТНМ+НБ в широких пределах изменения концентраций компонен-

Таблица 1

Содержание НВ в ЖВС, %	ρ , г/см ³	D , м/с	Литература	Содержание НВ в ЖВС, %	ρ , г/см ³	D , м/с	Литература
5,0	1,610	6870		30,0	1,480	7500	
15,0	1,555	7480		40,0	1,433	7000	[5]
20,0	1,537	7570		23,15	1,530	7430	[6]
22,5	1,515	7700	[5]	24,0	1,520	7900	
25,0	1,500	7575		32,0	1,480	7500	[7]

тов. Но скорость детонации в этой работе измерялась по методу Дотриша, и разброс экспериментальных значений D для одного и того же состава достигал сотен метров в секунду. В табл. 1 для иллюстрации приведены некоторые значения D из этой и ряда других работ [6, 7]. Кроме того, в [8] указывается на существование у ЖВС ТНМ/НВ (76/24, здесь и далее вес в %) в некотором диаметре заряда (~ 15 мм), зависящем от толщины и материала оболочки, с равной вероятностью двух значений скорости детонации, отличающихся на 400 м/с (7400 и ~ 7800 м/с).

Аналогичный разброс значений D приводится и для стехиометрической смеси ТНМ с толуолом (86,5/13,5), например, в [2] $D=9000$ м/с, в [11] $D=8300\div 9300$ м/с. Скорость детонации стехиометрической смеси ТНМ с бензолом (86,25/13,75) при плотности 1,47 г/см³ равна 7180 м/с [6]. Такое расхождение результатов экспериментов не может считаться удовлетворительным и, естественно, требует дополнительной проверки, поскольку для ВВ этот параметр один из основных.

В настоящей работе приведены экспериментальные значения D для ряда смесей, в том числе для растворов нитробензола во фторнитроформе, для которого литературные данные отсутствуют. Фторнитроформ по сравнению с тетранитрометаном имеет низкую температуру затвердевания (-38°C [12]), в связи с чем в ряде случаев практического применения он предпочтительнее.

Описание методики

Ошибка измерений D существенно уменьшается при применении контактной (ионизационной) импульсной методики [3]. В настоящей работе методика основана на принципе замыкания открытых коаксиальных контактных датчиков торцевого типа непосредственно фронтом детонационной волны. Роль изоляционной пленки выполнял слой жидкого взрывчатого состава, обладающий свойствами диэлектрика. Состав иницировался искровым разрядом.

В работе применялись две схемы опытов. По первой два контактных датчика устанавливались относительно точки иницирования на небольшом, но разном базовом расстоянии (разность составляла $0,5\div 3$ мм). Импульсы напряжения, формируемые при замыкании датчиков, регистрировались на высокоскоростном осциллографе. Типичная осциллограмма опыта показана на рис. 1 (период калибровочной синусоиды 10 нс). Точность измерения D , однако (при малых базовых расстояниях), невысока, и опыты по этой схеме проводились только для оценки скорости детонации в очень малых количествах ЖВВ ($< 0,2$ см³).

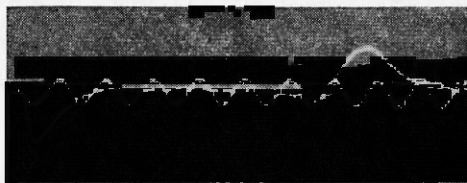


Рис. 1.

Вторая схема показана на рис. 2 (1 — корпус разрядника, 2 — электроды разрядника, 3 — стеклянный капилляр, 4 — ЖВС, 5 — контактный датчик). Торцев датчика устанавливался на некотором произвольном расстоянии ($B=80\div 120$ мм) от межэлектродного промежутка искрового разрядника, которое измерялось с помощью микроскопа. Импульсы регистрировались на осциллографе со спиральной разверткой, при этом опорный импульс формировался в момент пробоя разрядника. Время задержки возбуждения детонации после пробоя измерялось с помощью высокоскоростного фотохронографа с электронно-оптическим преобразователем. Средняя квадратичная погрешность единичного измерения D оценивается величиной ~ 5 м/с. Стеклянные капилляры, заполняемые ЖВС, имели внутренний диаметр $0,8\div 2,0$ мм, толщину стенки $1,5\div 2$ мм (расход ВВ на один опыт $< 0,4$ см³).

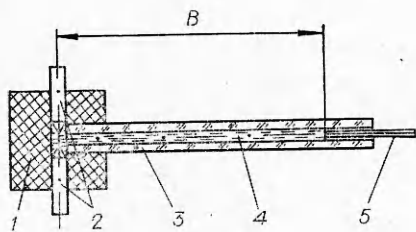


Рис. 2.

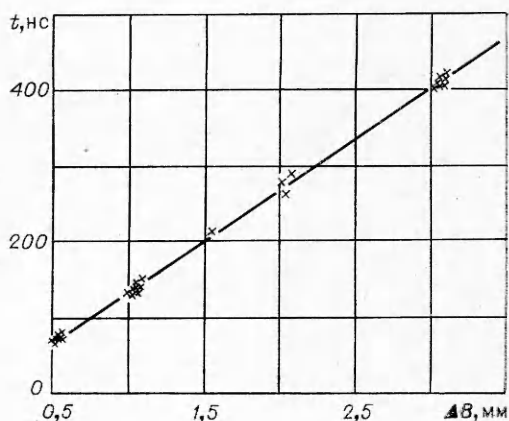


Рис. 3.

Экспериментальные результаты

В опытах применялся тетранитрометан, очищенный перегонкой при температуре 100°C и давлении 340 мм рт. ст., с плотностью 1,64 г/см³ (20°C), плотность фторнитроформа (ФНФ) 1,596 г/см³. В качестве горючего применялись нитробензол для ячеек Керра (плотность 1,203÷1,204 г/см³), бензол и толуол марки ЧДА (плотность соответственно 0,876 и 0,866 г/см³). Смеси готовились в количестве, необходимом для проведения одной серии опытов (с одним составом), взвешиванием на аналитических весах одного из компонентов (горючего) и готовой смеси.

Результаты опытов по первой схеме для ТНМ/НБ (74/26) показаны на рис. 3. По оси абсцисс отложена разность базовых расстояний двух датчиков (ΔB), по оси ординат — осциллографическое время (t) между моментами замыкания датчиков. При $D = \text{const}$ физический смысл имеет только прямая $t = 1/D \cdot \Delta B$. По наклону прямой, построенной по методу наименьших квадратов, скорость детонации данного состава ~ 7485 м/с. Дисперсия уклонения экспериментальных точек от прямой ~ 30 нс².

Таблица 2

ЖВС	Соотношение компонентов, %	ρ , г/см ³	D , м/с	ЖВС	Соотношение компонентов, %	ρ , г/см ³	D , м/с
Тетранитрометан/н/тр/бензол	85/15	1,555	7195	Тетранитрометан/т/сл/уол	80/20	1,391	7105
	80/20	1,529	7360		83,5/16,5	1,429	7260
	77,5/22,5	1,516	7420		84,1/15,9	1,436	7255
	76,3/23,7	1,510	7460		84,5/15,5	1,440	7265
	74/24	1,508	7470		85,5/14,5	1,452	7265
	75/25	1,503	7485		86,5/13,5	1,463	7230
	74/26	1,498	7495		90/10	1,505	7150
	73/27	1,494	7485				
	70/30	1,479	7440				
65/35	1,455	7180					
Тетранитрометан/бензол	80/20	1,396	7165	Фторнитроформ/н/тр/бензол	73/27	1,467	7225
	83/17	1,428	7255		75,6/24,4	1,478	7235
	84/16	1,439	7275		77,3/22,7	1,486	7215
	85/15	1,450	7245		79/21	1,494	7130
	86/14	1,462	7210		81,5/18,5	1,505	7085
	87/13	1,473	7195				
	90/10	1,508	7105				

Примечание. Плотность смесей рассчитывалась из условия аддитивности при следующих плотностях компонентов (г/см³): для тетранитрометана — 1,64, нитробензола — 1,203, бензола — 0,876, толуола — 0,866, фторнитроформа — 1,596.

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. В. I. Leipzig, 1961.
12. Л. Т. Еременко, Ф. Я. Надибуллин, 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

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