

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. К. Парфенов, А. Я. Апин
(Москва)

О ДЕТОНАЦИИ С МАЛОЙ СКОРОСТЬЮ В ПОРОШКООБРАЗНЫХ ВВ

В жидких нитроэфирах и предохранительных ВВ на основе нитроглицерина существуют в зависимости от мощности инициирования две дискретные скорости детонации. Рядом авторов [1—5] отмечалось распространение детонации с малой скоростью на небольших участках заряда и в твердых ВВ, однако устойчивое распространение детонации с малой скоростью на достаточно большой длине заряда описано лишь в [6]. В пересчитанных работах мощность инициирования, от которой зависит в определенных условиях возможность тех или иных режимов детонации, была весьма неопределенной. В настоящей работе применялись одни и те же инициаторы — заряды смеси тротил+хлористый натрий (50/50) ($\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$, $d = 20 \text{ мм}$, $D = 2000 \text{ м/сек}$) или заряды прессованного тротила ($\rho_0 = 1,62 \text{ г/см}^3$, $d = 20 \text{ мм}$, $D = 6900 \text{ м/сек}$), в дальнейшем называемые нами слабыми или мощными инициаторами соответственно. Для отсечки действия продуктов взрыва инициатора между ним и зарядом исследуемого ВВ помещалась тонкая плексигласовая пластинка. Возникновение и развитие детонации в этих условиях изучалось на следующих порошкообразных ВВ: тетриле ($\rho_0 = 0,9 \text{ г/см}^3$, размер частиц 0,4—0,63, 0,63—1,0 и 1,0—1,6 мм), тротиле ($\rho_0 = 0,95 \text{ г/см}^3$, размер частиц 0,4—0,63 мм) и гексогене ($\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$, размер частиц 1,0—1,6 мм). Кристаллы тетрила и гексогена получались перекристаллизацией из растворов в дихлорэтане и ацетоне. Фракция тротила получалась дроблением чешуированного тротила. Опыты с тетрилом проводились в целлофановых и тонкостенных стеклянных и плексигласовых трубках, с тротилом и гексогеном — только в целлофановых трубках.

В ходе работы было выяснено, что характер наблюдаемых явлений не зависит от типа оболочки. Длины зарядов были достаточно велики (не менее 10—12 диаметров заряда). Фоторегистрация распространения детонации осуществлялась высокоскоростной камерой ЖФР-2 конструкции ИХФ АН СССР.

Полученные нами экспериментальные результаты представлены на рис. 1—3. При возбуждении детонации слабым инициатором для всех ВВ обнаружено существо-

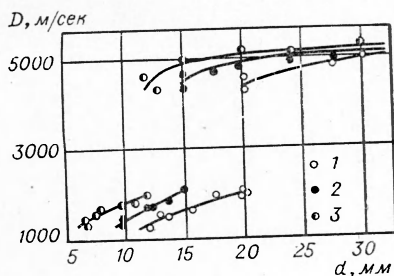


Рис. 1. Зависимость стационарной скорости детонации тетрила ($\rho_0 = 0,9 \text{ г/см}^3$) от диаметра заряда. Размер частиц, мм: 1 — 1,0—1,6; 2 — 0,63—1,0; 3 — 0,4—0,63.

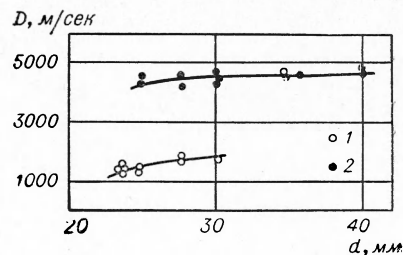


Рис. 2. Зависимость стационарной скорости детонации тротила ($\rho_0 = 0,95 \text{ г/см}^3$, размер частиц 0,4—0,63 мм) от диаметра заряда. 1 — слабый инициатор; 2 — мощный инициатор.

знание определенной области диаметров, в которой детонация с малой скоростью является устойчивой. Эта область весьма узка у гексогена, но значительна у тротила и особенно у тетрила. Малая скорость детонации растет с увеличением диаметра заряда (от 1200 до 1800—2200 м/сек). Интересно отметить, что скорости детонации на верхнем и нижнем пределах этой области для всех ВВ примерно одинаковы, а у тетрила не зависят от размеров частиц. С уменьшением размеров частиц тетрила при постоянной плотности заряда область устойчивости малой скорости детонации смещается в сторону меньших диаметров заряда. Значения диаметров на пределах этой области приблизительно пропорциональны размерам частиц.

В зарядах всех исследованных ВВ, диаметр которых больше верхнего предела области устойчивости малой скорости детонации (~ 30 мм для тротила, ~ 17 мм для

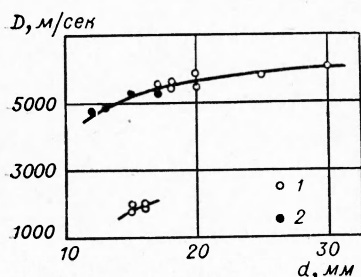


Рис. 3. Зависимость стационарной скорости детонации гексогена ($\rho_0=1,0$ г/см³, размер частиц 1,0—1,6 мм) от диаметра заряда.

1 — слабый инициатор; 2 — мощный инициатор.

гексогена, ~ 20 мм для тетрила с размером частиц 1,0—1,6 мм), развитие детонации, возбуждаемой слабым инициатором, протекает весьма своеобразно. В зарядах тетрила и гексогена возникает режим детонации с малой скоростью, который после прохождения расстояния, равного 2—4 диаметрам заряда, скачком переходит в нормальную детонацию. В зарядах тротила процесс установления нормальной детонации происходит в форме плавного ускорения малой скорости на больших длинах заряда. При возбуждении детонации мощным инициатором в указанной области диаметров заряда нормальная детонация возникает сразу на небольшой глубине после преграды и распространяется не меняя скорости.

В отличие от тротила и гексогена при мощном инициировании зарядов тетрила, диаметр которых меньше верхнего предела области устойчивости малой скорости детонации, режим нормальной детонации не является устойчивым. Он плавно замедляется до тех пор, пока не достигается скорость распространения, отвечающая нижним кривым рис. 1. Таким образом, в зарядах тротила и гексогена в зависимости от мощности инициирования та или иная стационарная скорость детонации наблюдается в определенной области диаметров, тогда как в зарядах тетрила лишь в одном диаметре.

Описанные явления устойчивого распространения детонации с малой скоростью в порошкообразных ВВ не были обнаружены ранее, видимо, потому, что они возникают вблизи критических условий, и механические эффекты, по которым деволно часто судят об устойчивости или затухании детонации, незначительны.

В детонационной волне с малой скоростью (давление ~ 10^4 атм) подъем температуры внутри зерна ВВ незначителен и не может вызвать быструю реакцию в объеме, способную поддержать распространение детонации. Поэтому наиболее вероятным является протекание химической реакции в форме горения частиц с поверхности [7]. Это предположение подкрепляется приблизительной пропорциональностью предельных диаметров области устойчивости детонации с малой скоростью размерам частиц, что должно следовать и из представлений о «взрывном» горении. Степень полноты химического превращения в детонационной волне с малой скоростью оценивалась с помощью данных [8] о скоростях горения некоторых ВВ при весьма высоких давлениях. Эти данные экстраполировались до давлений в детонационной волне. Давление в зоне химической

реакции принималось равным $p \approx \frac{1,5 \rho_0 D_1^2}{n + 1}$, а показатель политропы ПВ $n=3$.

При плотности зарядов $\rho_0 \approx 1,0$ г/см³ и скорости детонации $D_1 \approx 2000$ м/сек (для всех ВВ в предельных условиях) величина давления $p \approx (12-15) \cdot 10^8$ атм. Время горения зерна ограничено проникновением волны разрежения в глубь заряда. Оно оценивалось из соотношения

$$\tau \approx \frac{d_1}{2C_1} \approx \frac{n + 1}{2n} \frac{d_1}{D_1},$$

где d_1 — предельный диаметр детонации с малой скоростью; D_1 — значение малой скорости детонации на пределе. Принимая для простоты, что частицы ВВ имеют сферическую форму, получаем, что в детонационной волне со скоростью детонации ~ 2000 м/сек выделяется 20—30% энергии или 200—300 кал/г. Так как скорость детонации определяется количеством энергии, выделившейся в детонационной волне, то равным скоростям детонации отвечают примерно одинаковые количества энергии. Довольно грубые оценки энергии, выделившейся в детонационной волне с малой скоростью, не слишком

сильно отличаются от теплот взрыва при нормальной детонации ВВ с близкими значениями скоростей детонации [2]. Так, скорость детонации содатаола 40/60 при плотности $0,9 \text{ г/см}^3$ равна 2600 м/сек , а теплота взрыва не превышает 300 кал/г .

Поступила в редакцию
2/XI 1964

ЛИТЕРАТУРА

1. I. Taylor. Detonation in condensed explosives, Oxford, 1952.
2. M. A. Cook. The science of high explosives, New York, 1958.
3. F. B. Bowden, A. D. Yoffe. Initiation and growth of explosion in liquids and solids, Cambridge, 1952.
4. G. H. Muller, D. B. Moore, D. Bernstein. I. Appl. Phys, (1961), 32, 6, 1065.
5. А. Я. Анин, В. К. Боболев. Докл. АН СССР, 1947, 58, 2.
6. E. Jones, D. Mitchell. Nature, (1948), 161, 4081.
7. А. Я. Анин. Докл. АН СССР, 1939, 24, 9.
8. А. Ф. Беляев, А. И. Коротков, А. К. Парфенов, А. А. Сулимов. ЖФХ, 1963, 37, 1.

Л. И. Кошелев, Н. Н. Попов, П. И. Ярцев
(Москва)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛНОГО ИМПУЛЬСА ПРИ КОНТАКТНОМ ВЗРЫВЕ У ПРЕГРАДЫ В ГРУНТЕ

При решении ряда прикладных задач необходимо знать величину полного импульса, действующего на жесткую преграду при контактном взрыве в грунте. Авторами было проведено специальное исследование, чтобы установить характер зависимости полного импульса от ряда параметров этого взрыва.

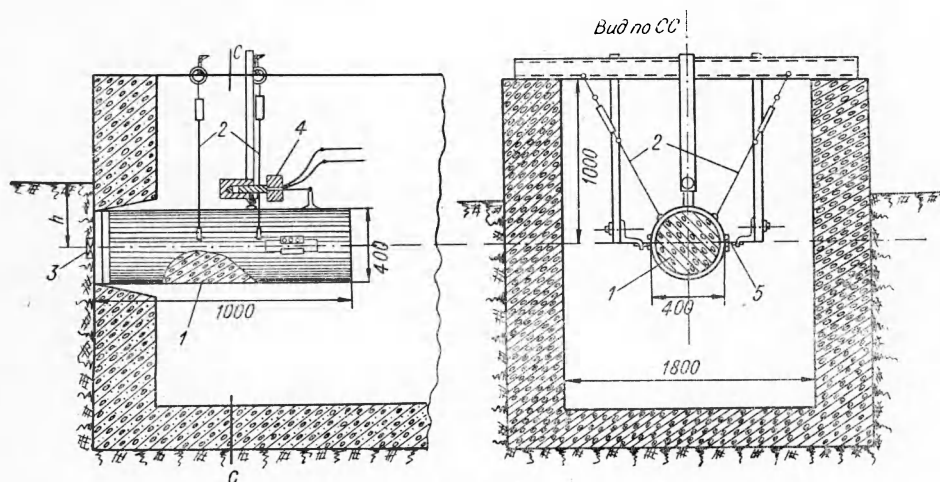


Рис. 1.

На специальном стенде (рис. 1) был закреплен баллистический маятник 1 весом 1000 кг на подвесах 2 длиной 1000 мм . Тротиловые заряды 3 весом 35 и 50 г взрывались у центра торцевой поверхности маятника, при этом слой грунта над зарядом изменялся в пределах 0 до $30 r_0^1$. Всего было проведено 25 опытов в песке естественной влажности.

¹ r_0 — средний радиус заряда, $r_0 = 0,054 \sqrt[3]{C}$, где C — вес заряда, кг.