

5. A h r e n s H. Über den Detonationsvorgang bei zylindrischen Sprengstoffladungen mit axialer Höhlung. Explosivstoffe, 1965, Bd. 13, No. 5, S. 124—134; No. 6, S. 155—164; No. 7, S. 180—198; No. 10, S. 267—276; No. 11, S. 295—309; 1967, Bd. 15, No. 6, S. 121—129; No. 7, S. 145, No. 8, S. 175—185.
6. С у л т а н о в М. Детонация и ударные волны в полном цилиндре из взрывчатого вещества. В кн.: «Вопросы горения и детонационных волн». Четвертый Симпозиум (Междунар.) по вопросам горения и детонационных волн. М., Оборонгиз, 1958, стр. 352.
7. Ж а р и к о в И. Ф., Н е м ч и н о в И. В., Ц и к у л и н М. А. Исследование воздействия на твердое вещество светового излучения, полученного при помощи источника взрывного типа. ПМТФ, 1967, № 1, стр. 31—44.
8. K i r s c h M., P a r i n e a u - C o u t u r e G., W i n k l e r C. A. The detonation velocity of axially cavitated cylinders of cast DINA. Canad. J. Res., 1948, Sect. B, vol. 26, No. 5, pp. 435—440.
9. Т и т о в В. М., Ф а д е е н к о Ю. И., Т и т о в а Н. С. Разгон твердых частиц кумулятивным взрывом. Докл. АН СССР, 1968, т. 180, № 5, стр. 1051—1052.
10. Д у б н о в А. В., Х о т и н а Л. Д. О механизме канального эффекта при детонации конденсированных ВВ. Физика горения и взрыва, 1966, № 4, стр. 97—104.
11. Г о л ь б и н д е р А. И., Т ы ш е в и ч В. Ф. Дальнейшее исследование канального эффекта. В сб.: «Теория взрывчатых веществ». М., «Высшая школа», 1967, стр. 349—362.
12. D r e m i n A. N., V a n d e n B e r g h e R. Etude sur l'arret de la detonation par l'effect de canal. Explosifs 1968, vol. 21, No. 1, pp. 5—22.
13. H o d g e s A. J. The drag coefficient of very high velocity spheres. Aeronaut. Sci., 1957, vol. 24, No. 10, p. 755.
14. Ф а д е е н к о Ю. И. Зависимость размера кратера от твердости мишени. ПМТФ, 1964, № 5, стр. 118.

О ЗАВИСИМОСТИ КРИТИЧЕСКОГО ДИАМЕТРА И СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ ЗАРЯДОВ ВВ ОТ ПЛОТНОСТИ

Г. Г. Ремпель

(Москва)

Показано, что характер зависимостей критических диаметров от плотности для аммиачно-селитренных и однородных ВВ качественно один и тот же.

Разница между аммиачно-селитренными и однородными ВВ заключается в том, что плотность, начиная с которой при ее дальнейшем увеличении критические диаметры растут, для однородных ВВ близка к плотности монокристалла, тогда как для аммиачно-селитренных ВВ она меньше единицы.

Скорость детонации зарядов из однородных ВВ, имеющих диаметр, близкий к критическому, так же как и скорость детонации аммиачно-селитренных ВВ с увеличением плотности растет до предельного значения последней, после чего уменьшается.

Значение предельной плотности, начиная с которой скорость детонации зарядов из прессованного тротила начинает уменьшаться, практически совпадает со значением плотности, начиная с которой для прессованного тротила увеличивается критический диаметр и равно $\sim 1.63—1.64 \text{ г/см}^3$.

Известно [1,2], что с увеличением плотности скорость детонации D -зарядов из аммиачно-селитренных ВВ растет только до некоторого значения плотности, после чего начинает уменьшаться. Если плотность превышает некоторое предельное значение, то детонация затухает. Беляев [3] и Петровский [4] показали, что это справедливо только для зарядов, диаметр которых близок к критическому.

Можно было предполагать, что скорость детонации и у зарядов из однородных ВВ с диаметрами, близкими к критическим, должна изменяться так же, как и для зарядов из аммиачно-селитренных ВВ, т. е. при увеличении плотности скорость детонации должна расти до какого-то предельного значения плотности, после чего должна уменьшаться.

Наличие предельной плотности для однородных ВВ оставалось необнаруженным, так как до последнего времени проводились только исследования зарядов, имевших плотности, достигаемые при обычном прессовании. Величину же предельной плотности однородных ВВ следовало искать при плотностях, близких к плотности монокристалла.

Можно было также предполагать, что кривая зависимости критических диаметров d_* от плотности ρ_0 как однородных, так и смесевых (в частности, аммиачно-селитренных ВВ) должна иметь минимум. Такое предположение можно сделать из [5] и неопуб-

Таблица 1

Зависимость скорости детонации прессованных тротильных зарядов (с плотностью, близкой к плотности монокристалла) от плотности

d , мм	ρ_0 , г/см ³	D , м/сек	n	σ_i , м/сек
13	1.59	6850	5	+ 100 - 40
13	1.6	6870	4	+ 30 - 40
13	1.61	6870	4	+ 20 - 90
13	1.62	6900	4	+ 25 - 35
13	1.64	6950	3	+ 30 - 50
13	1.65	6800	3	+ 50 - 40
10	1.61	6790	3	+ 60 - 90
10	1.62	6830	3	+ 25 - 61
10	1.64	6790	3	+ 50 - 100
10	1.642—1.646	6725	1	—
10	1.647—1.65	6730	1	—
8	1.61—1.62	6650	3	+ 30 —
8	1.62—1.63	6670	3	+ 40 - 60
8*	1.63—1.64	6480	3	+ 70 - 50
8*	1.639—1.641	6350	1	—
8*	1.644—1.645	6350	1	—
8**	1.645—1.65			
8**	1.642—1.644		1	
8**	1.640—1.65		1	
8**	1.64—1.645		2	
8**	1.64—1.645		1	
8**	1.65—1.659		1	
6**	1.63—1.64			

* В ряде опытов при $\rho_0 = 1.63 - 1.645$ наблюдалось затухание детонации. При возбуждении детонации промежуточными детонаторами из прессованного тротила $d = 8$ и $h = 15$ мм с $\rho_0 = 1.6$ также наблюдалось затухание детонации.

** Отказ.

ликваных данных Апина, показавшего наличие минимума зависимости $d_* = f(\rho_0)$ для гексогена.

В качестве ВВ для проверки этих соображений были выбраны тротил и аммонит 80/20, так как это наиболее распространенные ВВ. Кроме того, тротил имеет наибольший d_* из практически применяемых однородных ВВ, и эксперименты с ним должны быть проще, чем эксперименты с ВВ повышенной мощности.

1. Опыты с тротильными зарядами при $\rho_0 > 1.62$ г/см³.

Для изготовления тротильных зарядов во всех случаях использовался тротил с тем пературой затвердевания 80,2° С.

Перед прессованием навеску тротила вместе с матрицей нагревали до 72—76° С и добавляли немного ацетона. Давление прессования 3000—3500 кг/см², выдержка 2—3 мин. Заряды прессовали из тротила с размерами частиц меньше 0,002 мм. Высота шашек была не больше 5 мм.

После изготовления шашки выдерживались 30 дней при комнатной температуре для полного удаления ацетона, затем для каждой шашки определялась плотность и выборочно определялось содержание летучих, которое было не выше содержания летучих в исходном тротиле.

Таблица 2

Зависимость скорости детонации от диаметра зарядов прессованного тротила при плотностях, близких к плотности монокристалла

ρ_0 , г/см ³	d , мм	D , м/сек
1.625	8	6670
	10	6830
	13	6940
1.630	8	6580
	10	6830
	13	6930
1.635	8	6480
	10	6820
	13	6945

Таблица 3

Результаты опытов по определению критических диаметров зарядов из аммонита 80/20

d , мм	ρ_0 , г/см ³	Результаты опыта
7	0.523	—
7	0.568	—
8	0.623	+
8	0.495	+
7	0.95	+
7	0.9	+
7	1.0	—
7	1.16	—
8	1.07	—
8	1.1	+
9	0.926	+
9	1.03	+
8	1.18	—

Определение плотности производилось расчетом на основе данных о взвешивании на аналитических весах с точностью 0.002 г и обмером микрометром с ценой деления 0.002 мм. Расчет производился с точностью до третьего знака. Для проверки выборочно определялась плотность гидростатическим методом, причем учитывалась потеря веса проволоочки (на которой подвешивались пашки) в воде.

Расхождение плотностей, определенных расчетом и гидростатическим методом (для одних и тех же пашек), не превышало 0.003 г/см³.

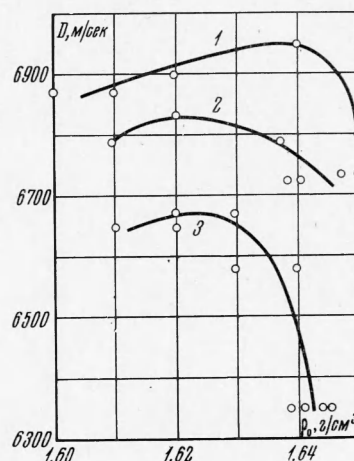
В один заряд комплектовались пашки с одинаковой расчетной плотностью.

Для тех опытов, в которых заряд собирался из пашек, имевших различную плотность, указано максимальное колебание плотностей (см. табл. 1).

Пашки перед испытаниями укладывались в бороздку деревянной планки толщиной 2—3 мм. Ширина бороздки — 3—5 мм, глубина — 1 мм. Уложенные пашки обматывались медной проволокой ПЭЛШО \varnothing 0.12 мм с шагом 5 мм, прижимавшей пашки к планке, поэтому необходимость в склеивании торцов пашек отпадала. Заряды подрывались с помощью промежуточных детонаторов из тетрила или флегматизированного тэна, имевших те же диаметры, что и испытуемые заряды, и высоту 16 ÷ 20 мм. Для возбуждения детонации у зарядов \varnothing 8 мм в некоторых опытах использовались промежуточные детонаторы из прессованного тротила \varnothing 8 и высотой 15 мм с плотностью 1.6.

Зависимость скорости детонации тротильных зарядов от плотности при плотностях больше 1.61.

- 1 — для зарядов $\varnothing = 13$ мм
- 2 — для зарядов $\varnothing = 10$ мм
- 3 — для зарядов $\varnothing = 8$ мм



Результаты опытов по определению зависимости $D = f(\rho_0)$ приведены в табл. 1. Здесь D — средние скорости детонации, ρ_0 — плотность, n — число опытов, σ_i — максимальное отклонение от среднего значения D .

Зависимость скорости детонации от плотности для тротильных зарядов диаметрами 13, 10 и 8 мм показана также на фигуре.

Как видно, для тротильных зарядов малых диаметров скорость детонации с увеличением плотности растет только до какого-то предела, после чего падает. Этот предел (или критическая плотность) для данного диаметра тем меньше, чем меньше диаметр заряда.

Для зарядов с диаметром 13 мм он равен — 1.64, с диаметром 10 мм ~ 1.63, с диаметром 8 мм ~ 1.62.

Заряды с диаметром 6 мм при плотности 1.63—1.64 не детонируют, т. е. критический диаметр при плотности 1.63—1.64 больше 6 мм, тогда как при плотности 1.62 он меньше 2 мм.

Используя кривые $D = f(\rho_0)$ при $d = \text{const}$ для разных диаметров, показанные на фигуре, можно получить данные для определения зависимости $D = f(d)$ при $\rho_0 = \text{const}$.

Полученные таким образом данные приведены в табл. 2.

Следует отметить, что разброс измеренных скоростей детонации был довольно значительным и в отдельных случаях достигал 100 м/сек. Поэтому показанные на фигуре абсолютные средние значения скоростей детонации зарядов диаметрами 13 и 10 мм, у которых изменение скорости в зависимости от плотности одного порядка с возможной ошибкой опыта, являются ориентировочными. Однако для зарядов диаметром 8 мм полученное уменьшение скорости значительно больше возможной ошибки опыта.

Увеличение критического диаметра с увеличением плотности на основании опытов с зарядами, имевшими диаметры 8 и 6 мм, также не подлежит сомнению.

2. Опыты с зарядами из аммонита 80/20. Как указывалось, можно было ожидать, что критический диаметр аммонита 80/20 с уменьшением плотности будет уменьшаться до какой-то определенной величины ее, после чего будет расти. Для проверки указанного предположения были поставлены опыты по определению критических диаметров зарядов малой плотности из аммонита 80/20 в оболочках из патронной бумаги.

Аммонит готовился из селитры и тротила с размерами частиц меньше 0.3 мм.

Смешение производилось одновременно с растиранием в фарфоровой ступке фарфоровым пестиком в течение 25—30 мин. Влажность готового продукта не больше 0.02%. Заряды укладывались на латунные пластинки и подрывались от КД-8.

Результаты опытов приведены в табл. 3. В этой таблице плюс — полная детонация, минус — отказ.

Как видно из табл. 3, $7 < d_* < 8$ при плотности $0.5 \div 0.6$, $d_* < 7$ при плотности 0.9 и $d_* \approx 8$ мм при плотности $1.0 \div 1.16$.

Заряды диаметром 7 мм детонируют только при плотности 0.9—0.95 и не детонируют при $0.6 > \rho_0 > 1.0$. Таким образом, для испытанного аммонита 80/20 минимальное значение d_* соответствует плотности 0.9. Факт увеличения d_* с увеличением плотности был известен и ранее. Новым является экспериментально установленное существование минимума d_* .

Малое абсолютное значение полученных величин d_* объясняется хорошим измельчением и перемешиванием продукта.

Поступила 20 XI 1968

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория ВВ. Оборонгиз, М., 1960.
2. Соколов Н. А. Курс теории взрывчатых веществ. ОНТИ НКТП СССР, М.—Л., 1937.
3. Беляев А. Ф. Условия устойчивости детонации аммиачно-селитренных ВВ. Сб. Вопросы теории взрывчатых веществ. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1947.
4. Баум Ф. А., Станюкович К. П., Шехтер Б. Н. Физика взрыва. М., Физматгиз, 1959.
5. Беляев А. Ф., Коротков А. И. и др. О детонационной способности смесей на основе перхлората аммония. Физика горения и взрыва, 1968, № 2.

ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

Ю. А. Пластинин

(Москва)

Работа посвящена определению спектральных коэффициентов поглощения K_ω и излучательных способностей ε термодинамически равновесной смеси продуктов сгорания, состоящей из молекул CO_2 , H_2O , CO , OH , HCl , HF , H_2 , NO , в диапазоне температур 2000—5000°K. Предложенная методика расчета, основанная на использовании графика приведенных к атмосферному давлению молекулярных коэффициентов поглощения, позволяет вычислить K_ω и ε для любой смеси газов, состоящей из перечисленных молекул.

1. Излучательная способность единичной площадки, расположенной на поверхности однородно-нагретого объема газа V , равна

$$\varepsilon = \frac{1}{\sigma T^4} \int_0^\infty S_\omega(V) d\omega \quad (1.1)$$

Здесь S_ω — спектральная плотность потока от объема V через некоторую площадку, ω — волновое число, σ — постоянная Стефана — Больцмана, T — температура в °K. В технических расчетах часто используется величина ε площадки, расположенной в центре основания полусферического объема радиуса R

$$\varepsilon = \frac{\pi}{\sigma T^4} \int_0^\infty [1 - \exp(-K_\omega R)] B_\omega d\omega \quad (1.2)$$

Здесь B_ω — функция Планка, K_ω — спектральный коэффициент поглощения. Всюду в дальнейшем используются следующие размерности величин ω [см^{-1}], K_ω [см^{-1}], R [см], $\sigma = 5.66 \cdot 10^{-12} \text{ вт/см}^2$. Очевидно, для объема газа произвольной конфигурации можно найти эффективный радиус, так что ε , рассчитанные по (1.1) и (1.2), совпадут. Результаты расчетов эффективных радиусов для различных конфигураций объемов приводятся в [1].