

СВЕЧЕНИЕ ДЕТОНАЦИИ

И. М. Воскобойников

(Москва)

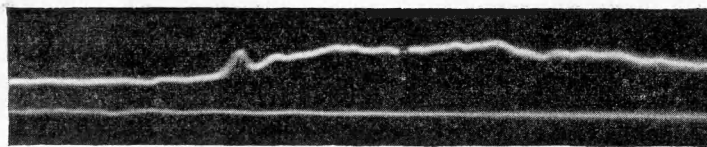
Детонация взрывчатых веществ сопровождается свечением, яркость которого зависит от температуры продуктов взрыва и от температуры газа во фронте ударной волны, образующейся при разлете продуктов взрыва в окружающую атмосферу. Изучение свечения может позволить измерить эти температуры и оценить скорость протекания процессов при детонации.

Высокие значения температур детонации (выше 3000°K) и малые времена свечения (10^{-6} — 10^{-8} сек) позволяют использовать только оптические методы измерения температур с большим временным разрешением записи свечения. Применение таких методов стало возможным лишь в последние годы, что и определяет недостаток работ в этой области. Малая изученность свечения детонации и технические трудности при проведении экспериментов являются, по-видимому, основными причинами несовпадения результатов работ разных авторов [1,2].

Предполагая, что вследствие высоких температур и давлений продуктов взрыва спектр свечения детонации в большинстве случаев является сплошным, нами использовался цветовой метод определения температур, основанный на сравнении яркостей свечения в двух участках спектра (в данном случае в областях пропускания светофильтров ФС-6 и СЭС-3). В опыте определялось отношение

$$\frac{I_1}{I_2} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} b(\lambda, T) S(\lambda) \tau_1 d\lambda \bigg/ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} b(\lambda, T) S(\lambda) \tau_2 d\lambda$$

где $b(\lambda, T)$ — спектральная яркость свечения детонации, S_λ — спектральная чувствительность фотоумножителя, τ_1 и τ_2 — коэффициенты пропускания светофильтров ФС-6 и СЭС-3, λ_1 , λ_2 — границы спектральной чувствительности фотоумножителя.



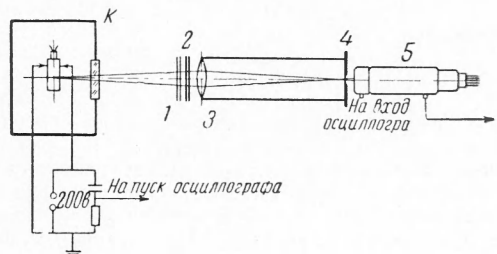
Фиг. 2. Оциллограмма свечения детонации заряда тротила

Измерение температур производилось на установке, схема которой приведена на фиг. 1. Все опыты проведены с прессованными зарядами ВВ $\phi 20$ мм и длиной 60 мм. Свечение детонирующего заряда регистрировалось фотоумножителем ФЭУ-19 М, ток которого записывался на оциллографе ОК-17 М. Режимы работы фотоумножителя и оциллографа были выбраны так, что отклонение луча на экране оциллографа было прямо пропорционально световому потоку, падающему на фотокатод. Перед фотоумножителем находились объектив и щель, что позволило наблюдать свечение узкого участка заряда, перпендикулярного оси заряда. Ширина щели не превышала 0.20 мм при длине 15 мм. Расстояние между объективом и зарядом и объективом и щелью равнялось двойному фокусному расстоянию объектива, а изображение заряда в плоскости щели было в натуральную величину.

Усилитель оциллографа пропускал без искажения сигналы с фронтом не менее 0.1 мксек. Запуск развертки оциллографа производился искровым датчиком, установленным на заряде.

Для того чтобы по измеренным отношениям определить температуры, был построен график отношения I_1/I_2 от температуры абсолютно черного тела.

Рассмотрение оциллограммы фиг. 2 показывает, что регистрируемое свечение детонирующего заряда имеет два максимума, из которых первый, как будет показано ниже, вызван свечением детонационного фронта (и особенно воздуха в нем), а второй —



Фиг. 1. Схема установки для измерения температур детонации ВВ. 1 — цветной светофильтр, 2 — нейтральный светофильтр, 3 — объектив, 4 — регулируемая щель, 5 — фотоумножитель ФЭУ-19М

воздушной ударной волной, образующейся при разлете продуктов взрыва. В табл. 1 приведены измеренные значения температур во фронте ударных волн при детонации зарядов прессованного тротила, тэна и гексагена в воздухе (ошибка измерений $\pm 300^\circ\text{K}$).

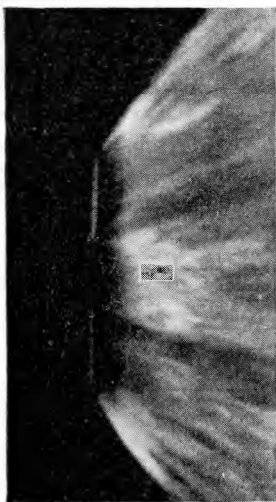
Таблица 1

ВВ	Плотность заряда, г/см ³	Температура, T°K
Тротил	1.30	3600
	1.50	5500
Гексаген	1.50	8450
	1.74	7600
Тэн	1.50	8050

Параллельно с измерением температур детонации производилось фотографирование свечения детонации зарядов ВВ на скоростном фоторегистре СФР. На фиг. 3 показано свечение детонации прессованного заряда гексагена (ось заряда перпендикулярна щели, скорость развертки 60 000 об/мин). В том месте, где часть заряда была покрыта слоем черной туши, первая полоса свечения не регистрируется. Свечение раз-

лета поддутов взрыва (вторая полоса свечения) от этого не меняется. Из этого опыта можно сделать вывод, что первый максимум свечения на осциллограмме фиг. 2 — свечение детонационного фронта внутри заряда.

Яркость свечения детонационного фронта в прессованных зарядах ВВ зависит от количества воздуха в них; чем больше воздуха, тем больше яркость. В литых зарядах и прессованных зарядах ВВ с плотностью, близкой к плотности монокристалла ВВ, первая полоса свечения очень слаба, а иногда и вообще не регистрируется. Стоит отметить, что введение в прессованные заряды ВВ даже небольших процентов мелкодисперсной сажи (до 5%) ведет к резкому ослаблению яркости свечения детонационного фронта (фиг. 4).



Фиг. 3



Фиг. 4

Фиг. 3. Фотография свечения детонации заряда гексагена

Фиг. 4. Фотография свечения детонации заряда гексагена с небольшой добавкой сажи

Яркость второй полосы свечения зависит от температуры газа во фронте ударной волны, образующейся при разлете продуктов взрыва. Температуры в ударной волне [3], рассчитанные по углам разлета (фиг. 3 и 4), близки к измеренным температурам.

Наличие менее светящейся области между максимумами свечения, по-видимому, вызвано тем, что вещество не мгновенно реагирует за детонационным фронтом, а также тем, что требуется некоторое время, чтобы волна сжатия, идущая от продуктов взрыва в момент их образования, превратилась в ударную волну в воздухе.

Выражаю глубокую благодарность А. Я. Апину, Г. С. Сосновой и Л. Н. Стесичу за ценные советы и помощь в работе.

Поступила
20 XI 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскобойников И. М. и Апин А. Я. Измерение температуры детонационного фронта. ВВ. ДАН СССР, 1960, т. 130, № 4, стр. 804.
2. Gibson F. C., Bowser M. L., Summer C. R., Scott F. H. and Mason C. M. Use of an Electro-Optical Method to Determine Detonation Temperatures in High Explosives. J. Appl. Phys., 1958, vol. 29, № 4.
3. Зельдович Я. Б. и Райзер Ю. П. Ударные волны большой амплитуды в газах. УФН, 1957, т. LXIII, вып. 3.