

**КРИТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВЗРЫВА
ТВЕРДЫХ СМЕСЕВЫХ ВВ УДАРОМ**

И. А. Карпунин, В. К. Боболев
(Москва)

На основании результатов, полученных в работах [1—4], в [5] был сделан вывод, что при ударных испытаниях твердых ВВ для возбуждения взрыва требуется совместное выполнение в заряде ВВ условия критических напряжений и условия прочности.

Применительно к копровым испытаниям твердых ВВ в приборе типа Н. А. Холево условия возбуждения взрыва ударом могут быть записаны в виде

$$\bar{p} \geq \bar{p}_{кр}, \quad (1)$$

$$\bar{p} = \sigma_{пр} \left(1 + \frac{1}{3 \sqrt[3]{3}} \frac{d}{h} \right), \quad (2)$$

где \bar{p} — удельное давление прочностного разрушения образца ВВ диаметром d и толщиной h ; $\bar{p}_{кр}$ — удельное критическое напряжение ВВ; $\sigma_{пр}$ — предел прочности ВВ.

При увеличении d/h удельное давление разрушения образцов растет и при некотором фиксированном значении d/h становится равным вели-

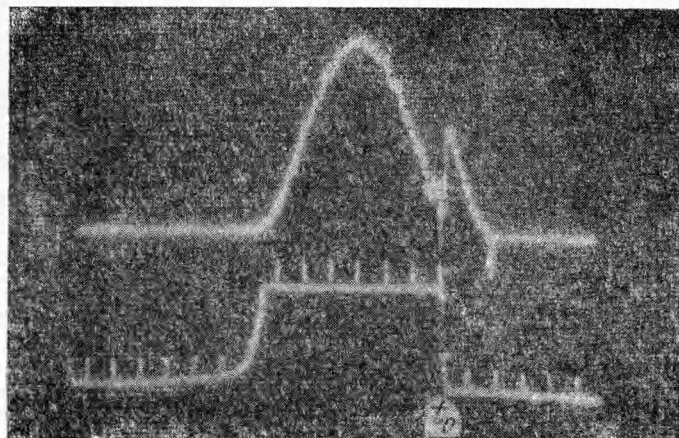


Рис. 1. Типичная осциллограмма давления при возбуждении взрыва ВВ ударом. На верхнем луче запись давления, на нижнем — времени. Возбуждение взрыва происходит в момент t_0 .

чине $\bar{p}_{кр}$. Выполнение критических условий возбуждения взрыва означает, что при прочностном разрушении такого образца ВВ должно наблюдаться появление очагов инициирования ВВ.

Экспериментально нахождение критических условий возбуждения взрыва при ударе на копре осуществляется следующим образом. С помощью тензодатчика записывают при ударе осциллограммы давления на образцах ВВ, имеющих разное d/h . Одновременно с записью давления фиксируется момент возбуждения взрыва по замыканию роликов прибора ионизированными продуктами разложения. Совпадение момента прочностного разрушения образца с моментом появления очагов инициирования при минимальном значении напряжения p указывает на достижение критических условий возбуждения взрыва (рис. 1).

Используя описанный выше метод, в работе [5] были исследованы условия возбуждения взрыва и измерены критические напряжения для ряда индивидуальных взрывчатых веществ.

Целью настоящей работы было изучение критических условий возбуждения взрыва смесевых систем типа ВВ+ВВ ударом. Прежде всего выяснилось, применим ли указанный способ нахождения критических условий возбуждения взрыва для рассматриваемого класса взрывчатых систем.

На рис. 2 приведена экспериментальная зависимость удельного давления прочностного разрушения образцов из смеси октоген+ТНТ от толщины слоя ВВ. Диаметр образцов был везде постоянным и равным 10 мм. Результаты всех опытов хорошо описываются выражением (2). Возбуждение взрыва при прочностном разрушении смесевых образцов происходит при условии, когда $\bar{p} \geq \bar{p}_{кр}$. Из этого следует, что как для смесевых систем типа ВВ+ВВ, так и для индивидуальных ВВ, критические условия возбуждения взрыва при ударе в основных своих чертах остаются неизменными. Для изучения влияния индивидуальных свойств смешиваемых компонентов на условия возбуждения взрыва

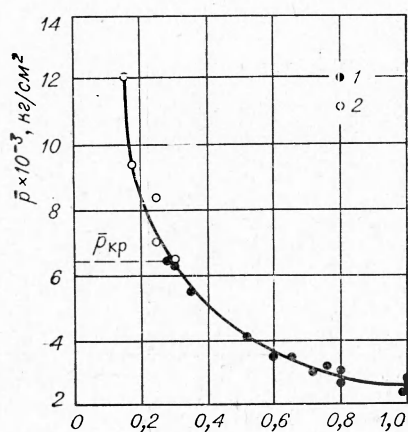


Рис. 2. Зависимость \bar{p} от толщины слоя для смеси октоген+ТНТ. 1 — опыты, в которых прочностное разрушение образцов ВВ происходило без взрыва; 2 — опыты, где при разрушении образцов ВВ имело место возбуждение взрыва.

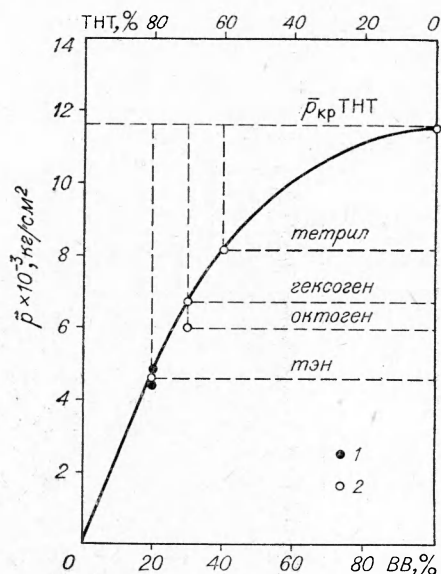


Рис. 3. Диаграмма возбуждения взрыва ударом для смесей ТНТ с различными ВВ, имеющими $\bar{p}_{кр} < \bar{p}_{кр} \text{ ТНТ}$.

1 — тэн — тетрил; 2 — тэн — октоген

всей системы и изменения этих условий в зависимости от процентного соотношения компонентов в смеси были проведены копровые испытания модельных двухкомпонентных смесей: ТНТ+тетрил, ТНТ+гексоген, ТНТ+октоген, октоген+тэн и тэн+тетрил. При исследовании зависимостей $\bar{\rho}_{кр}$ смеси от состава использовались мелкодисперсные компоненты

Зависимость $\bar{\rho}_{кр}$ двойных смесей от состава

ТНТ+ +октоген	$\bar{\rho}_{кр} \cdot 10^{-3}$, кг/см ²	Тэн+октоген	$\bar{\rho}_{кр} \cdot 10^{-3}$, кг/см ²
ТНТ	12,0	тэн	4,8
90/10	12,0	90/10	4,8
80/20	11,5	80/20	4,8
70/30	6,8	70/30	4,8
60/40	6,6	60/40	4,8
50/50	6,5	50/50	4,8
40/60	6,4	40/60	4,8
30/70	6,5	30/70	5,5
20/80	6,5	20/80	6,6
10/90	6,5	10/90	6,2
Октоген	6,2	Октоген	6,2

(размер частиц 1—10 мк), что позволяло получить более равномерное их распределение в системе. Результаты опытов (см. таблицу) показали, что для всех изученных систем зависимости $\bar{\rho}_{кр}$ двойных взрывчатых смесей от состава обладают рядом общих закономерностей:

1) существуют две области процентных соотношений компонентов, в пределах которых величина $\bar{\rho}_{кр}$ остается приблизительно постоянной и равной критическому напряжению одного из компонентов;

2) между областями постоянных значений $\bar{\rho}_{кр}$ находится переходная зона;

3) положение переходной зоны по оси концентраций зависит от свойств смешиваемых компонентов и, как правило, сдвинуто в область преобладающей концентрации компонентов с более высоким значением $\bar{\rho}_{кр}$.

Данные, приведенные в таблице, указывают, что зона перехода является сравнительно узкой по концентрации. Поэтому в первом приближении можно считать, что переход от $\bar{\rho}_{кр}$ одного компонента к $\bar{\rho}_{кр}$ второго осуществляется не плавно, а скачком при определенном процентном соотношении компонентов смеси. Изображение зависимостей $\bar{\rho}_{кр}$ смесей от состава в таком виде позволяет получить диаграммы возбуждения взрыва механических смесей ВВ+ВВ ударом (рис. 3). Из диаграммы, которая получена совмещением на один рисунок экспериментальных зависимостей $\bar{\rho}_{кр}$ от состава для смесей ТНТ+тетрил, ТНТ+гексоген, ТНТ+октоген и ТНТ+тэн видно, что при увеличении разности между $\bar{\rho}_{кр}$ ТНТ ($12 \cdot 10^3$ кг/см²) и $\bar{\rho}_{кр}$ ВВ (тетрил, гексоген и т. д.), находящегося в смеси с ТНТ, граница перехода сдвигается в область большей концентрации ТНТ в смеси. Отмечая эту закономерность, можно условно предположить, что при смешении ТНТ с ВВ, у которых $\bar{\rho}_{кр}$ близко к нулю или к $\bar{\rho}_{кр}$ тротила, переход будет наблюдаться соответственно вблизи 100 и 0% содержимого ТНТ в смеси. Кривая, проходящая через точки перехода, может быть описана эмпирическим выражением

$$\bar{p}_{кр} = \bar{p}_0 x^v, \quad (3)$$

где $\bar{p}_{кр}$ и x — критическое напряжение компонента, смешанного с ТНТ, и концентрация его в точке перехода; $\bar{p}_0 = \bar{p}_{кр}$ ТНТ; v — показатель степени, равный 0,42. Кривая (3) служит как бы границей раздела, слева от которой находится область, где ответственным за возбуждение взрыва смеси является ТНТ (область влияния ТНТ), а справа — область, где взрыв при ударе возбуждает компонент с $\bar{p}_{кр} < \bar{p}_{кр}$ ТНТ (область влияния второго компонента). Из рассмотрения рис. 3 следует, что область влияния какого-либо ВВ, смешанного с ТНТ, расширяется с уменьшением его $\bar{p}_{кр}$, но для каждого отдельно взятого ВВ имеет свою определенную протяженность. Так, например, для тетрила в смеси с ТНТ его область влияния распространяется от 100 до 40% содержания тетрила, для гексогена — от 100 до 30%, для тэна — от 100 до 20% и т. д. Отметим, что зависимости (3) удовлетворяют условия перехода и для смесей октоген+тэн и тетрил+тэн. Этот факт позволяет предположить, что подобные диаграммы возбуждения взрыва можно построить для любой взрывчатой системы ВВ+ВВ, если для каждого компонента выполняются указанные выше критические условия возбуждения взрыва. Другими словами, если имеется смесь, состоящая из двух компонентов, и каждому из них соответствует своя величина $\bar{p}_{крI}$ и $\bar{p}_{крII}$, причем $\bar{p}_{крI} > \bar{p}_{крII}$, то в диапазоне концентраций второго компонента

$$1 \geq x \geq x_0 = \left(\frac{\bar{p}_{крII}}{\bar{p}_{крI}} \right)^{1/v}$$

возбуждение взрыва смеси будет осуществляться при напряжении $\bar{p}_{крII}$, а в диапазоне $x_0 > x \geq 0$ при $\bar{p}_{крI}$.

Физическая интерпретация полученных в работе зависимостей $\bar{p}_{кр}$ смеси от процентного соотношения компонентов вызывает определенную трудность, поскольку на процесс возбуждения взрыва в гетерогенной системе могут оказывать взаимное влияние механические, теплофизические и химические свойства компонентов. Однако, учитывая тепловую природу и локальный характер возбуждения взрыва ВВ при механических воздействиях [1, 2], полученные зависимости можно истолковать следующим образом.

При ударе по заряду смесевое ВВ, состоящего из двух компонентов, критические условия возбуждения взрыва достигаются в первую очередь в том из них, для которого по роли давления [4] требуется приложить меньшее напряжения для создания горячего очага с критической температурой. Рассматривая смесь как сумму локальных объемов, занимаемых каждым из компонентов, и учитывая малый размер самого горячего очага (10^{-4} - 10 см⁻⁵), можно заметить, что в некотором диапазоне изменения процентного соотношения компонентов размеры локальных объемов того или иного компонента остаются больше размеров очага, способного вызвать взрыв. В этом случае условия теплового воспламенения очага для ВВ не изменяются. При ударе легче возбуждается очаг с меньшей критической температурой, поэтому и наблюдается в широком диапазоне концентраций сохранение минимального значения $\bar{p}_{кр}$. Однако при некотором процентном соотношении компонентов размеры локальных объемов, занимаемых ВВ с малым $\bar{p}_{кр}$,

становятся соизмеримыми с размерами самого горячего очага. На образование горячего очага при этом начинают существенно влиять теплопотери, связанные с прогревом окружающей среды, в которой труднее возбудить химическую реакцию. Следуя теории теплового взрыва, отвод тепла от очага должен привести к увеличению его критической температуры, что, в свою очередь, влечет за собой и увеличение $p_{кр}$. Нетрудно видеть, что рост $p_{кр}$ смеси, вызванный увеличением $T_{кр}$ очага, естественно ограничен величиной $p_{кр}$ второго компонента. При достижении этой величины критическое напряжение смеси вновь остается постоянным.

Таким образом, влияние обоих компонентов на режим теплового воспламенения очага имеет место только при условии соизмеримости размеров очага с размерами локальных объемов, занимаемых компонентом, в котором легче возбудить взрыв ударом. Изменение размеров частиц может повлиять на условия образования горячих очагов и, следовательно, привести к смещению переходной зоны на зависимости $p_{кр}$ смеси от состава. К сожалению, недостаточная точность измерения $p_{кр}$ тензометрическим методом ($\sim 10\%$) не позволяет выявить влияние этого фактора.

*Поступила в редакцию
28/II 1967*

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Б. Харитон. «Сборник статей по теории ВВ». М., Оборонгиз, 1940.
2. Ф. П. Боуден, А. Д. Иоффе. Возбуждение и развитие взрыва в твердых и жидких веществах. М., ИЛ, 1955.
3. В. А. Сухих, Ю. Б. Харитон. «Сборник статей по теории ВВ», М., Оборонгиз, 1940.
4. Л. Г. Болховитинов. Канд. дисс. ИХФ АН СССР, М., 1960.
5. Г. Т. Афанасьев, В. К. Боболев и др. Сб. «Взрывное дело», Изд-во «Недра», 1967, № 63/20.