

## СКОРОСТЬ ДЕТОНАЦИИ

УДК 534.222.2

## В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ ЗАРЯДА ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА

В. А. Поплавский, В. В. Гржибовский

Отделение геодинамики взрыва Института геофизики НАН Украины,  
252054 Киев

*Приведены результаты экспериментального изучения скорости детонации в переходной зоне пассивного взрывчатого вещества цилиндрического заряда, состоящего из двух различных взрывчатых веществ. Получена эмпирическая зависимость длины переходной зоны от соотношения стационарных скоростей детонации активного и пассивного взрывчатых веществ в составном заряде.*

При инициировании заряда взрывчатого вещества (ВВ) в нем возникает нестационарный переходный детонационный процесс, который со временем становится стационарным, характерным для данного ВВ в конкретных условиях взрывания. Участок нестационарной детонации называют переходной зоной, а его протяженность — длиной переходной зоны. Исследованию переходных процессов при инициировании ВВ посвящена обширная литература. Известно, что параметры нестационарной детонации ВВ определяются его свойствами, мощностью и геометрическими размерами инициатора, а также условиями передачи инициирующего импульса — непосредственно через ВВ или через промежуточную инертную среду. Так, в частности, в работе [1] экспериментально установлено, что при ударно-волновом инициировании цилиндрического заряда граммонита по всей площади его поперечного сечения мощным боевиком из аммонита бЖВ происходит плавное снижение параметров детонации (скорости детонации и массовой скорости) до стационарных значений. Если же диаметр боевика, при прочих равных условиях, меньше диаметра заряда, то параметры детонации инициируемой детонационной волны в переходной зоне заряда проходят через минимум, т. е. имеется так называемый «провал».

Объектом исследований данной работы был цилиндрический заряд, состоящий из двух непосредственно контактирующих торцами участков различных ВВ — активного (инициирующего) и пассивного (инициируемого). Цель исследований состояла в изучении зависимости длины переходной зоны от скорости детонации контактирующих ВВ в таком составном цилиндрическом заряде. По этому вопросу в литературе имеются немногочисленные разрозненные сведения. Например, в [2] утверждается, что для ВВ с небольшой скоростью детонации стационарный процесс достигается после прохождения детонационной волной расстояния от инициатора  $l_{ch} = (3 \div 4)d$ , где  $d$  — диаметр заряда; для ВВ с высокой скоростью детонации стационарный режим устанавливается сразу. В работе [3] показано, что при переходе детонации из гранулита в гранулированный тротил длина  $l_{ch}$  не превосходит  $2d$ , при обратном переходе  $l_{ch} \leq d$ . Причем скорость детонации в переходной зоне изменяется по линейной зависимости между ее стационарными значениями для активного и пассивного ВВ. В зарядах из смеси перхлората аммония и полиметилметакрилата при инициировании их зарядами из смеси ТНТ и хлористого натрия с различным содержанием компонентов длина переходной зоны достигала  $2,5 d$  [4].

В настоящей работе, продолжающей исследования [5], количество испытанных ВВ расширено до 5, а их сочетаний — до 10. Испытывали следующие ВВ: флегматизированный гексоген, аммонит 6ЖВ двух качественных состояний — свежий и старый (с длительным сроком хранения), смеси аммонита 6ЖВ с мелкодисперсным хлористым натрием в пропорциях 2 : 1 и 1 : 1 по массе.

Заряды патронировали в бумажные оболочки диаметром 0,032 м. Испытывали монозаряды и заряды, состоящие по длине из двух примерно равных частей указанных ВВ, контактирующих между собой торцами. Длина монозарядов составляла  $0,2 \div 0,25$  м, составных —  $0,4 \div 0,5$  м. Плотность зарядов флегматизированного гексогена  $910 \div 940$  кг/м<sup>3</sup>, аммонита 6ЖВ и его смесей —  $1050 \div 1080$  кг/м<sup>3</sup>. Заряды инициировали с одного торца петель детонирующего шнура ДШ-А, к внешнему концу которого подсоединяли электродетонатор. Составные заряды инициировали со стороны как «сильного» (высокоскоростного), так и «слабого» (низкоскоростного) ВВ, чем обеспечивалась различная интенсивность инициирования пассивного ВВ. Заряды взрывали на жестком основании. Срывов детонационного процесса не отмечено.

По известной методике с помощью электронно-счетных частотомеров ЧЗ-54 и волоочных ионизационных датчиков, которые пронизывали заряд насквозь по его диаметру, регистрировалось время  $t$  прохождения детонационной волной известного расстояния (базы измерения)  $l$ . В монозарядах ближайшие ионизационные датчики располагали на расстоянии не менее  $(4 \div 5) d$  от детонирующего шнура с тем, чтобы определить стационарную скорость детонации заряда ВВ. В составных зарядах измерения выполняли на участках активного и пассивного ВВ, примыкающих к их контакту.

По результатам не менее 20 измерений для каждого из испытанных образцов получены  $t - l$ -диаграммы инициирующей и инициируемой детонационных волн. С их помощью установлены значения стационарной скорости детонации для пяти вышеперечисленных зарядов ВВ, а именно: 5,56; 4,38; 3,92; 3,12 и 1,91 км/с. Максимальные отклонения значений стационарной скорости детонации в отдельных измерениях относительно указанных не превышали  $\pm 4, 5\%$ .

Средняя текущая скорость нестационарной детонации пассивного ВВ определялась как  $\Delta l / \Delta t$ , где приращения времени  $\Delta t$  соответствуют малым приращениям расстояния  $\Delta l = 0,01 \div 0,03$  м, в пределах которых диаграмма мало отличается от линейной. Значения скорости относились к середине отрезка  $\Delta l$ . Отклонения значений нестационарной скорости детонации по отдельным измерениям относительно средних достигали  $\pm 7\%$ .

Изменение относительной скорости детонации  $\bar{D}$  в области переходной зоны исследованных пар ВВ показано на рис. 1. Здесь скорость детонации  $D$  отнесена к стационарной скорости детонации пассивного ВВ  $D_p$  каждой конкретной пары ВВ:  $\bar{D} = D / D_p$ . Значения  $\bar{D}$  при  $l \leq 0$  относятся к активному ВВ и количественно характеризуют его относительную стационарную скорость детонации (обозначим ее через  $\bar{D}_a$ ), которая и определяет интенсивность инициирования пассивного ВВ, т. е. она может быть использована в качестве критерия интенсивности этого инициирования. Максимальное значение  $\bar{D}_a$  достигает 2,05, а минимальное — 0,49 для старого аммонита 6ЖВ и его смеси с хлористым натрием в пропорции 1 : 1 при инициировании со стороны сильного и слабого ВВ соответственно.

Скорость детонации в переходной зоне пассивного ВВ изменяется сложным образом, а не скачком и не линейно, как это получено в [3]. Профили скорости детонации в переходной зоне состоят из выпуклой и вогнутой частей, разделенных точкой перегиба. Начальная часть переходной зоны, заключенная между контактом ВВ и точкой перегиба на профиле

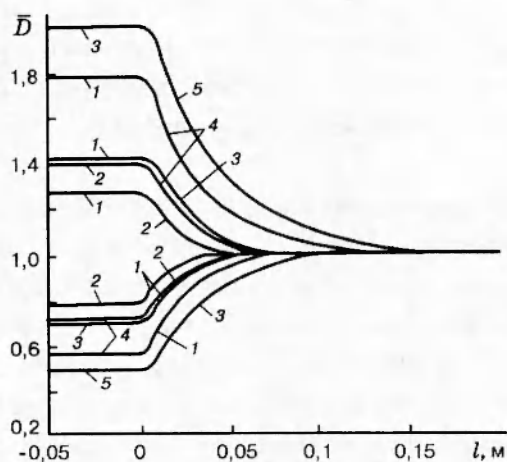


Рис. 1

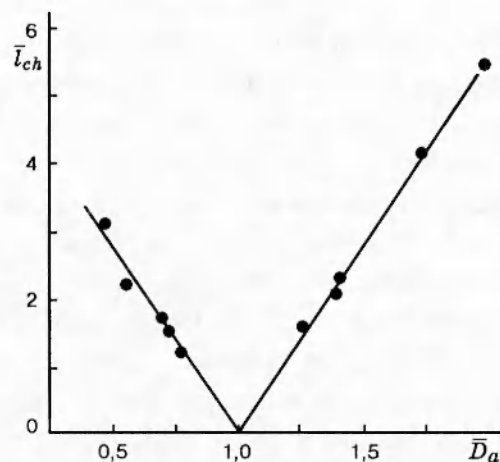


Рис. 2

Рис. 1. Изменение относительной скорости детонации в переходной зоне:  
 1 — флегматизированный гексоген; 2, 3 — свежий и старый аммонит 6ЖВ соответственно;  
 4, 5 — смесь аммонита 6ЖВ с хлористым натрием в пропорции 2 : 1 и 1 : 1 соответственно

Рис. 2. Зависимость длины переходной зоны от критерия  $\bar{D}_a$

скорости детонации, намного короче ее концевой части.

Длина участка пассивного ВВ от контакта до точки, в которой скорость детонации достигает стационарного значения, определяет длину переходной зоны. Начало ее фиксируется четко, а нахождение ее конца по экспериментальным кривым связано с некоторой неопределенностью, обусловленной медленным приближением скорости детонации к своему стационарному значению в концевой части переходной зоны. Поэтому конкретные значения длины переходной зоны следует рассматривать в качестве приближенных. Для исследованных пар ВВ длина переходной зоны изменяется от 0,04 до 0,17 м, т. е.  $\bar{l}_{ch} = 1,25 \div 5,3$ , где  $\bar{l}_{ch} = l_{ch}/d$ . Меньшее значение соответствует переходу от свежего аммонита 6ЖВ к флегматизированному гексогену, а большее — переходу от старого аммонита 6ЖВ к смеси аммонита 6ЖВ с хлористым натрием в пропорции 1 : 1.

Длина переходной зоны в пассивном ВВ зависит от интенсивности его инициирования активным ВВ, оцениваемой критерием  $D_a$  (рис. 2). Зависимость  $\bar{l}_{ch}(D_a)$  имеет минимум в точке с координатами  $\bar{l}_{ch} = 0$  и  $\bar{D}_a = 1$ , разделяющей ее на две ветви. Когда скорость детонации активного ВВ выше, чем пассивного,  $\bar{D}_a > 1$ ; в противном случае  $\bar{D}_a < 1$ . Чем большее различие в скоростях детонации контактирующих пар ВВ, тем длиннее переходная зона в пассивном ВВ. Для исследованных зарядов в первом приближении можно считать прямолинейными ветви зависимости  $\bar{l}_{ch}(\bar{D}_a)$ . Они описываются следующими выражениями:

$$\bar{l}_{ch} = 5,616(1 - \bar{D}_a) \quad \text{при} \quad \bar{D}_a \leq 1;$$

$$\bar{l}_{ch} = 5,094(\bar{D}_a - 1) \quad \text{при} \quad \bar{D}_a \geq 1.$$

Таким образом, установлена зависимость длины переходной зоны от соотношения стационарных скоростей детонации активного и пассивного ВВ в составном цилиндрическом

заряде. Каждая из двух ветвей этой зависимости соответствует определенному направлению перехода детонации — от низкоскоростного к высокоскоростному или, наоборот, от высокоскоростного к низкоскоростному ВВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лавров В. В., Шведов К. К. Особенности инициирования детонации грубодисперсных ВВ мощным ударно-волновым импульсом // Материалы IV Всесоюз. совещания по детонации. М.: ГКНТ СССР, АН СССР, 1988. Т. 1. С. 192–198.
2. Кук М. А. Наука о промышленных взрывчатых веществах / Пер. с англ. под ред. Г. П. Демидюка, Н. С. Бахаревич. М.: Недра, 1980.
3. Комир В. М., Билоконь В. П., Литвин Л. Н. Исследование механизма детонации комбинированных скважинных зарядов гранулированных ВВ // Технология разработки и разрушения горных пород на карьерах: Изв. ДГИ. М.: Недра, 1971. Т. 11. С. 77–81.
4. Соловьев В. С., Власова Л. Н., Андреев С. Г. и др. Контактная чувствительность низкоплотных ВВ // Физика горения и взрыва. 1981. Т. 17, № 5. С. 135–137.
5. Гржибовский В. В., Поплавский В. А. Скорость детонации и радиальная бризантность в переходной зоне сложных зарядов ВВ // Физика горения и взрыва. 1989. Т. 25, № 1. С. 131–136.

*Поступила в редакцию 26/III 1996 г.,  
в окончательном варианте — 18/XII 1996 г.*

---