

3. Baum M. R. Trans. ASME. J. Pressure Vessels Techn., 1984, 106, 4, 362.
4. Гродзовский Г. Л., Куканов Ф. А. Инж. журнал, 1965, 5, 2, 41.
5. Taylor D. E., Price C. F. Trans. ASME. J. Engin. for Industry, 1971, 93, 4, 981.
6. Станюкович К. П. Неустановившиеся движения сплошной среды.— М.: Наука, 1971.
7. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа.— М.: Наука, 1978.
8. Френкель Я. И. Кинетическая теория жидкости.— М.: Изд-во АН СССР, 1945.
9. Moore C. V. Nuclear Engineer. Design, 1967, 5, 1, 81.
10. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике.— М.: Наука, 1967.
11. Зельдович Я. Б., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М. и др. ПМТФ, 1970, 2, 76.
12. Гельфанд Б. Е., Поленов А. Н., Фролов С. М. и др. ФГВ, 1985, 21, 4, 118.

Поступила в редакцию 13/XI 1986

РЕГИСТРАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ПОСЛЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ДВ ЧЕРЕЗ НЕОДНОРОДНОСТИ

В. В. Дорохин, В. Н. Зубарев, Ю. К. Оркин,
Н. В. Панов
(Москва)

Для исследования течений за фронтом ударных (УВ) и детонационных волн (ДВ) рентгенографический метод применялся неоднократно [1—4]. Этим методом регистрировали смещения границ областей с различной плотностью или тонких фольг из сильно поглощающего рентгеновское излучение материала, увлекаемых движущейся средой. Ниже излагаются результаты рентгенографических измерений возмущений, возникающих после взаимодействия фронтов с малыми зазорами (0,1—1 мм). В ряде случаев таким способом оказывается возможным наблюдение не только смещения плоскости, в которой первоначально располагался зазор («след» зазора), но и обратного возмущения, отраженного от зазора.

Схематически постановка опытов приведена на рис. 1. Рентгеновская установка [5] позволяла просвечивать сборки достаточно большого диаметра (120 мм), который выбирался с целью обеспечения нужных размеров области, свободной от боковых разгрузок. Длительность рентгеновского импульса составляла ~0,1 мкс (на полувысоте импульса). Экспериментальная сборка находилась на расстоянии ~3 м от рентгеновской трубки и ~1 м от регистрирующей пленки. Инициирование осуществлялось, как и в [4], коротким импульсом — ударом тонкой (0,1 мм) алюминиевой фольги, разогнанной до скорости ~5,5 км/с.

Съемка велась как в ДВ на взрывчатом составе, используемом в [4, 7], так и за фронтом УВ в алюминии и оргстекле. На рис. 2, 2—4 видны¹ три границы (помимо границы заряда), характеризующие изменение плотности в окрестности этих границ. Если провал плотности в смещенной плоскости зазора можно объяснить разогревом продуктов взрыва (ПВ) при разлете с одной границы зазора и последующем торможении о другую границу, то значительно большее изменение плотности в возмущении, бегущем в обратном направ-

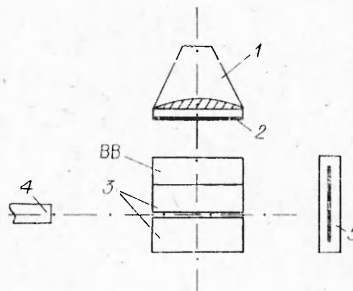


Рис. 1. Схема постановки опытов.

1 — плоскостной генератор; 2 — инициирующий ударник из алюминиевой фольги; 3 — исследуемая среда (ВВ, оргстекло, алюминий); 4 — рентгеновская установка; 5 — защитная кассета с рентгеновской пленкой.

¹ На этом и других рисунках границы возмущений хорошо видны на рентгенопленке и контактных фотоотпечатках, для наглядности иллюстрации к статье дополнительно контрастированы пунктиром.

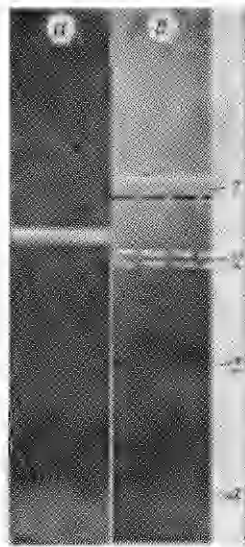


Рис. 2. Предварительный (а) и взрывной (б) рентгеновские снимки; среда — ВВ, зазор 1 мм.

1 — обратное возмущение от зазора; 2 — «след» зазора; 3 — фронт ДВ; 4 — граница заряда.



Рис. 3. Среда — ВВ, зазор 0,3 мм (со свинцовой фольгой 20 мкм) (обозначения см. на рис. 2).

а) время прохождения ДВ после зазора ~ 2 мкс; б) ~ 5 мкс.

лении от фронта ДВ, неожиданно. Можно было ожидать, что УВ, распространяющаяся следом за отраженной волной разрежения, быстро скомпенсирует возникающее уменьшение плотности. Однако даже после пробеге более 100 характерных размеров зазора возмущение достаточно хорошо регистрируется таким относительно грубым методом (~10% по плотностям) и на рентгеновском снимке наблюдается так же хорошо, как и фронт ДВ со скачком плотности ~30%.

Для повышения качества регистрации следа зазора в некоторых экспериментах в зазор помещалась тонкая (20 мкм) свинцовая фольга. Два снимка в такой редакции на разные моменты времени после прохождения зазора показаны на рис. 3. На рентгеноплёнке можно заметить, что границы возмущений, обращенные к фронту ДВ, имеют большую резкость. Если рассматривать след зазора, то это можно понять как максимальный прогрев ПВ на хвосте волны разрежения при разлете ПВ в зазор. Если рассматривать обратное возмущение, то более резкую границу можно интерпретировать только как УВ с предшествующей волной разрежения. Наиболее полное смещение следа зазора и обратной волны разрежения регистрируется в варианте с наклонным зазором (рис. 4).

Регистрация возмущений от зазора позволяет определить средний наклон характеристик $dx/dt = u - c$ (u — массовая скорость; c — скорость звука), а по нему — c , если известны массовые скорости за фронтом ДВ.

Зазор, мм	L^* , мм	x/L	u^{**} , км/с	c^{**} , км/с
0,1	61	0,73	0,90(0,84)	4,86(4,72)
	82	0,72	0,85(0,79)	4,47(4,65)
	61	0,85	1,37(1,26)	5,19(5,21)
	67	0,79	1,16(1,07)	4,98(5,00)
	43	0,76	1,08(0,96)	4,78(4,88)
0,3 (с фольгой)	62	0,85	1,37(1,26)	5,13(5,21)
	68	0,82	1,25(1,15)	5,07(5,10)

* L — путь, пройденный ДВ от плоскости инициирования; x — расстояние от той же плоскости.

** В скобках — данные [7].

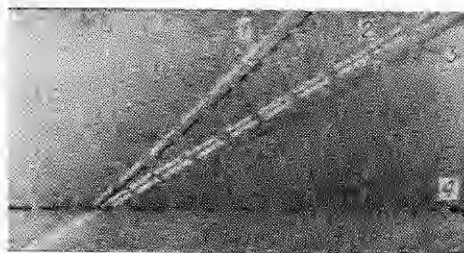


Рис. 4. Среда — ВВ. Путь, пройденный ДВ после иницирования, равен 70 мм.

1 — отраженное от зазора возмущение; 2 — начальное положение зазора (0,3 мм со свинцовой фольгой 20 мкм); 3 — смещенная плоскость зазора; 4 — фронт ДВ.

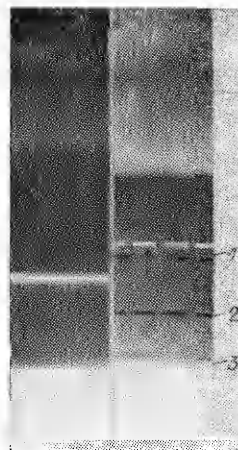


Рис. 5. Среда — алюминий. Давление в ударной волне 21 ГПа, зазор 1 мм.

1 — отраженное от зазора возмущение; 2 — положение фронта ударной волны; 3 — граница алюминия.

Последние регистрировались обычным методом фольг [4, 7] достаточно глубоко за фронтом ДВ. Такая методическая возможность использована для разработки способа определения c [6]. Результаты расчета скоростей звука и сравнение с данными [7] для того же взрывчатого состава приведены в таблице.

Регистрация возмущений, возникающих при взаимодействии УВ в инертных преградах из оргстекла и алюминия, менее показательна. Без контрастирующих прослоек в зазорах их следы не регистрируются. Значительно менее резко и только при относительно больших зазорах (≥ 1 мм) видна обратная волна разрежения в алюминии (рис. 5). Несколько лучше картина регистрируется в оргстекле, однако и в данном случае определение с оказывается неточным из-за сильно размытых границ отраженного от зазора возмущения.

Наблюдаемые различия в особенностях развития возмущений после прохождения УВ и ДВ через зазоры связаны, по-видимому, со спецификой формирования и распространения волн разрежения и сжатия в ПВ как реагирующей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альшуглер Л. В., Петруни А. П. ЖТФ, 1961, 31, 6, 717.
2. Rivard W. C., Venable D., Fickett e. a. 5-th Symp. on Detonation, 1970.
3. Davis W. C., Venable D. Ibid.
4. Дорохин В. В., Зубарев В. Н., Орехин Ю. К. и др. ФГВ, 1985, 21, 4, 100.
5. Цукерман В. А., Манакова М. А. ЖЭТФ, 1957, 27, 2, 391.
6. Панов Н. В., Зубарев В. П., Дорохин В. В. ГКИО, 1985, 19, 242.
7. Зубарев В. Н. ПМТФ, 1965, 2, 54.

Поступила в редакцию 20/VI 1986

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕССОВАНИЕМ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ ПОРОШКОВ

В. Ф. Нестеренко, С. А. Першин, Е. Д. Табачникова

(Новосибирск, Харьков)

В настоящее время импульсное прессование взрывом аморфных порошков с целью получения объемных изделий наиболее перспективно [1], но объем данных по свойствам таких материалов мал, в том числе по их механическим характеристикам. В таблице приведены сравнитель-