

С. В. Баталов, В. П. Филлин, В. В. Шапошников

РАДИОВОЛНОВОЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ГЕТЕРОГЕННЫХ ВВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УВ

Описан метод определения параметров УВ (волновой и массовой скорости) в гетерогенных ВВ. На примере исследования процесса возбуждения взрыва (детонации) октогенового взрывчатого состава слабыми УВ показана принципиальная возможность надежно измерять скорость инициирующей УВ, глубину возникновения детонации и продолжительность преддетонационной фазы, а также характер изменения скорости УВ при ее распространении по исследуемому образцу.

Радиоинтерферометр¹ МБИМ-08 предназначен для регистрации отражающей границы в быстропотекающих процессах и определения скорости ее перемещения как в лабораторных, так и в полевых условиях. Рабочая частота f_0 прибора определяется частотой используемого генератора непрерывного излучения. Прибор обеспечивает одновременное по двум каналам измерение перемещения отражающих границ, движущихся со скоростями от 100 до 10 000 м/с. Погрешность собственно интерферометра при измерении перемещений в материалах с диэлектрической проницаемостью ϵ с учетом всех дестабилизирующих факторов не превышает 0,1 %. Фазовый сдвиг между каналами прибора $90 \pm 10^\circ$.

По принципу действия интерферометр МБИМ-08 является интерферометром отраженного сигнала, так как в приборе происходит интерференционное сложение сигнала, отраженного от движущейся границы, с опорным сигналом. Мерой скорости отражающей границы является частота доплеровского смещения

$$f_d = \frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2}{\lambda_e} \frac{dx}{dt} = \frac{2v}{\lambda_e},$$

где λ_e — длина волны зондирующего излучения в рассматриваемой среде; v — скорость перемещения границы; x — двойное перемещение границы; φ — разность фаз отраженного и опорного сигналов.

При регистрации половины периода доплеровского смещения ($\Lambda/2$) предельное разрешение по перемещению составляет $\lambda_e/4$, что при $\lambda_0 = 8$ мм соответствует $2\sqrt{\epsilon}$ мм.

Из экспериментальных интерферограмм, ставя в соответствие разрешаемым по перемещению частям периода Λ их временную протяженность, можно получить зависимость усредненной по разрешению скорости перемещения отражающей границы от перемещения или времени на всей регистрируемой базе пролета отражающей границы. Внешний вид прибора МБИМ-0,8, блока питания и антенно-фидерной системы (АФС) приведен на рис. 1.

Для решения многих практических задач, связанных с производством, хранением и эксплуатацией взрывчатых составов необходимо знать протекание процессов возбуждения взрывчатого превращения (детонации) в этих материалах под воздействием ударных волн. В качестве критериев (параметров), характеризующих процесс взрывчатого превращения, могут быть:

1) продолжительность преддетонационной фазы (t), а также характер изменения скорости ударной волны в процессе ее распространения по исследуемому образцу;

2) критическая скорость инициирующей УВ;

3) глубина возникновения детонации (h) при фиксированных параметрах инициирующей УВ.

С целью выяснения практической возможности регистрации указанных параметров процесса взрывчатого превращения в гетерогенных ВВ

¹ Разработан в НИИС (г. Нижний Новгород) под руководством Н. З. Трemasова.

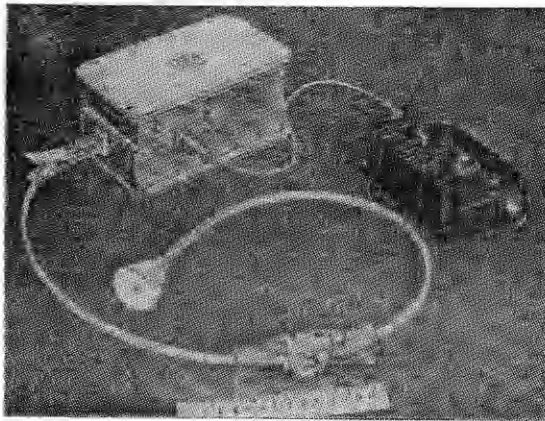


Рис. 1. Внешний вид интерферометра МБИМ-08.

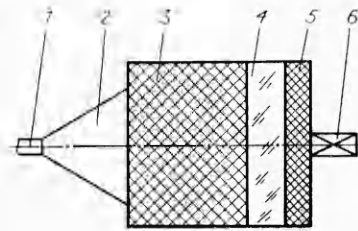


Рис. 2. Схема постановки опытов. 1 — диэлектрический волновод; 2 — фторопластовый (полиэтиленовый) конус; 3 — исследуемый образец, 60×50 мм; 4 — инертная (оргстекло) преграда переменной толщины, $60 \times X \times H$ мм; 5 — активный заряд (ударник), 60×5 мм; 6 — электродетонатор.

с помощью радиоинтерферометра МБИМ-08, авторами проведены исследования поведения образцов из взрывчатой композиции, содержащей (по массе) $\sim 90\%$ октогена и $\sim 10\%$ полимерного связующего Витон А, при воздействии на них слабых УВ. Схема постановки опытов показана на рис. 2.

Интерферограмма одного из опытов с толщиной преграды $H_{пр} = 20$ мм (1,6 МПа) и глубиной возникновения детонационного процесса $h \approx 41$ мм, полученная с помощью осциллографического регистратора ОИ-33, представлена на рис. 3. На интерферограмме точка 2 на низкочастотном сигнале соответствует входу УВ в образец. Этот момент определялся с помощью известных временных интервалов: времени работы капсуля-детонатора и активного заряда, прохождения УВ по преграде и задержки развертки осциллографа (запуск генератора задержки и подрыв осуществлялись одновременно).

В дальнейшем на низкочастотный сигнал накладываются колебания более высокой частоты с возрастающими амплитудой и частотой. Затем параметры этих колебаний меняются скачком (точка 3 на интерферограмме) — амплитуда и частота их возрастают.

На начальном участке интерферограммы сигнал можно интерпретировать как характеризующий массовый поток вещества за фронтом УВ вначале в оргстекле (между точками 1 и 2), затем в образце. Скорость массового потока, полученная из обработки интерферограммы $u \approx 720$ м/с, удовлетворительно согласуется с данными, полученными с помощью электроконтактной методики путем пересчета волновой скорости по $D - u$ соотношению в массу. Далее интерферометр начинает регистрировать все усиливающуюся УВ (до $v_{ув} \approx 0,57D$), переходящую скачком в детонационную. Продолжительность преддетонационной фазы (интервал времени между точками 2 и 3) 12,5 мкс.

Глубина возникновения детонации ($h \approx 41$ мм) и скорость последних, рассчитанные из интерферограммы, также удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, определенными в аналогичной постановке другими методами. Следует заметить, что, вероятно, зонди-

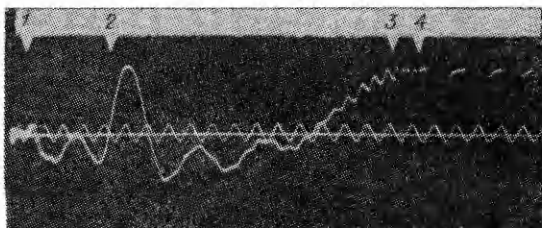


Рис. 3. Интерферограмма опыта (точка 4 соответствует моменту выхода фронта детонационной волны на внешний торец образца).

рующий радиосигнал, отраженный от фронта УВ при прохождении его по оргстеклу и по начальному участку исследуемого образца, весьма слаб и чувствительность интерферометра недостаточна для его регистрации. Рост параметров УВ за счет протекания химических реакций приводит к увеличению амплитуды сигнала от УВ, что хорошо видно на рис. 3. Следовательно, для регистрации прохождения УВ в инертных материалах необходимо увеличивать коэффициент усиления усилителей интерферометра (что не представляет больших трудностей).

Таким образом, проведенные исследования возможности применения радиоволнового метода для изучения поведения взрывчатых составов при ударно-волновых воздействиях показали, что при соответствующем подборе коэффициента усиления усилителей интерферометра надежно определяются все критерии (параметры), характеризующие процесс взрывчатого превращения:

- скорость иницирующей УВ;
- глубина возникновения детонации;
- продолжительность преддетонационной фазы, а также характер изменения скорости УВ в процессе ее распространения по исследуемому образцу. При этом не требуется вводить какие-либо датчики в исследуемый заряд. Жесткие требования к установке излучателя относительно направления распространения фронта ударной (детонационной) волны компенсируются информативностью метода.

г. Челябинск

Поступила в редакцию 5/XII 1990

УДК 534.222.2

С. А. Ждан

СТРУКТУРА ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН В ВАКУУМЕ С ЧАСТИЦАМИ УНИТАРНОГО ТОПЛИВА

Сформулирована задача и исследованы особенности структуры стационарной детонации в вакууме с частицами унитарного топлива. Показано, что в детонационной структуре отсутствует замороженная по газу ударная волна, а зона детонационной волны состоит из контактного разрыва со скачком температуры газа и непрерывным давлением, релаксационной волны сжатия с контактным разрывом в плоскости воспламенения и примыкающей к ней зоной горения. Рассчитаны параметры двухфазного потока в зоне реакции.

Качественный и количественный анализ структуры детонационных волн (ДВ) в газовзвесах унитарного топлива проведен в работах [1—3]. Установлено, что структура качественно соответствует модели Зельдовича — Неймана — Деринга (ЗНД): детонационный комплекс — замороженная ударная волна (УВ), зона релаксации, зона энерговыделения. В [4, 5] проведено качественное исследование особых и стационарных точек системы уравнений, а также серия расчетов гетерогенной детонации в газовзвеси горящих частиц.

В отличие от гетерогенных сред типа газ — частицы, в которых окислитель и горючее находятся в разных фазах и наличие в исходной смеси каждой фазы необходимо для процесса детонации, взвеси унитарного топлива обладают одним уникальным свойством, не исследованным авторами [1—3]: возможностью детонировать при отсутствии в исходной взвеси газовой фазы, т. е. в вакууме.

В данной работе исследуются особенности структуры стационарных ДВ взвесей унитарного топлива в вакууме. Установлено, что ДВ не соответствует модели ЗНД, так как в детонационном комплексе отсутствует замороженная УВ, а передний фронт ДВ — контактный разрыв. В зоне релаксации параметры двухфазного потока — однопараметрические функции температуры частиц. В плоскости воспламенения существует контактный разрыв по газу. Получено ограничение на область существования релаксационной волны сжатия рассчитаны и проанализированы профили параметров в зоне реакции стационарной ДВ.