

БЫСТРЫЙ ПЕРЕХОД СЛАБОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ДЕТОНАЦИЮ ПРИ ДИФРАКЦИИ НА ПРОФИЛИРОВАННОМ ПРЕПЯТСТВИИ

В.С. Аксенов, С.М. Фролов, И.О. Шамиин

*Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва
e-mail: smfrol@chph.ras.ru*

Обеспечение быстрого (на длине до 2 м за время менее 8–10 мс) перехода горения в детонацию (ПГД) в углеводородо-воздушных смесях при минимальной энергии зажигания (до 1 Дж) – важная фундаментальная проблема, решение которой открывает пути практического использования детонационного взрыва в перспективных силовых установках летательных аппаратов (импульсных детонационных двигателях). В 2001–2008 гг. в ИХФ РАН выполнен цикл экспериментальных и теоретических исследований по сокращению длины и времени ПГД в трубах для смесей газообразных и жидких углеводородных горючих с воздухом [1]. Одно из наиболее простых и многообещающих решений – использование набора регулярных препятствий специальной формы, установленных внутри детонационной трубы. Цель данной работы – экспериментальное и расчетно-теоретическое исследование быстрого перехода слабой ударной волны в детонацию при дифракции на одном препятствии специальной формы.

Эксперименты проводились в прямой круглой трубе длиной 4.5 м диаметром 52 мм. Ударную волну инициировали с помощью порохового газогенератора, оборудованного сменным соплом и разрывной диафрагмой. На расстоянии 2 м от сопла устанавливали профилированное препятствие, состоящее из сужающейся конической секции длиной 30 мм и расширяющейся конической секции длиной 450 мм. Диаметр критического сечения 28 мм. Профиль сужающейся конической секции соответствовал расчетному профилю [2]. Расширяющаяся коническая секция представляла собой сборку из трех прямых конусов, соединенных короткими цилиндрическими муфтами, и была значительно длиннее, чем в [2], для обеспечения надежного перепуска детонации, возникающей за критическим сечением, в трубу диаметром 52 мм. Эксперименты проводились со стехиометрической пропано-воздушной смесью при комнатной температуре и давлении 1 атм. Экспериментально показано, что для инициирования детонации скорость ударной волны должна быть выше 750 ± 20 м/с. После выхода из расширяющейся конической секции детонация распространялась квазистационарно со средней скоростью 1750 ± 50 м/с.

Для понимания механизма возникновения детонации провели серию численных расчетов. Расчеты основаны на системе уравнений невязкого сжимаемого течения в двумерной осесимметричной формулировке. В расчетах использовали одностадийные и многостадийные кинетические механизмы окисления пропана. Расчеты подтвердили все основные закономерности наблюдаемых явлений и прояснили их механизмы. Кроме того, расчеты позволили выяснить влияние длительности фазы сжатия в первичной ударной волне на эволюцию волн разной интенсивности – эффект, который не был зарегистрирован экспериментально.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 08-08-00068-а и 05-08-50115-а).

Литература

1. Фролов С.М. Быстрый переход горения в детонацию // Химическая физика. 2008. Т. 27. № 6. С. 31-44.
2. Semenov I., Utkin P., Markov V. Numerical Study of the Influence of Tube Wall Profile on Shock-to-Detonation Transition // Proc. 7th Intern. Symp. Hazards, Prevention, and Mitigation of Industrial Explosions. St. Petersburg, 2008.