

К.В. ЕФРЕМОВ, В.С. АКСЕНОВ, С.М. ФРОЛОВ¹
*Московский инженерно-физический институт (государственный университет),
¹Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ С ЗОНОЙ ФОРКАМЕРНО-ФАКЕЛЬНОГО ЗАЖИГАНИЯ

Проведены экспериментальные исследования взаимодействия бегущей ударной волны с облаком форкамерных газов в трубе, заполненной реагирующей пропано-воздушной смесью. Показано, что при определенных условиях такое взаимодействие приводит к значительному сокращению длины преддетонационного участка.

Известны два классических способа инициирования газовой детонации: прямое инициирование с помощью сильных источников и переход горения в детонацию. При прямом инициировании образуется сильная первичная ударная волна (УВ), в которой температура, давление и длительность фазы сжатия достаточны для возбуждения быстрых экзотермических реакций в непосредственной близости от ударного фронта. В этом случае детонация формируется после некоторого (относительно короткого) переходного периода. При переходе горения в детонацию наличие первичной УВ необязательно. Вследствие неустойчивости и гидродинамических неоднородностей пламя, возникшее от слабого источника зажигания, в процессе распространения изменяет свою форму, вызывая прогрессирующее тепловое расширение газа и образование УВ в свежей смеси. После некоторого (относительно длительного) переходного периода в области между УВ и ускоряющимся пламенем происходит самовоспламенение газа, ведущее к детонации.

В [1, 2] экспериментально доказана возможность инициирования детонации другим способом, отличным от классических, а именно путем ускорения слабой первичной УВ бегущим импульсом принудительного зажигания. В этом случае быстрые экзотермические реакции за ударным фронтом возбуждаются не самой УВ, а с помощью внешнего источника зажигания. Внешний источник, «передвигаясь» вместе с УВ, стимулирует химические превращения во взрывчатой смеси, способствуя быстрому переходу УВ в детонацию.

В данной работе продолжены экспериментальные исследования, начатые в [1, 2]. В отличие от [1, 2], здесь для принудительного зажигания газа во фронте УВ используется не серия электрических разрядов, а классическая форкамера. Экспериментально показано, что синхронизация прихода

УВ в форкамерное облако с моментом вспышки смеси в облаке позволяет ускорить переход УВ в детонацию. Для перехода УВ с числом Маха около 3.2 в детонацию понадобилось расстояние около 1.3–1.5 м (22–25 диаметров трубы), что значительно меньше преддетонационного расстояния в трубе без использования форкамеры. Возможность такого уменьшения преддетонационного расстояния определялась начальной интенсивностью и длительностью фазы сжатия первичной УВ, а также временем прихода УВ в форкамерное облако. Ранний или поздний приход УВ в облако не приводил к заметному изменению динамики УВ в детонационной трубе. Эффект сокращения преддетонационного расстояния наблюдался только при тщательной синхронизации прихода УВ в форкамерное облако с моментом вспышки смеси в облаке. Физический механизм такого «резонансного» взаимодействия УВ с облаком связан, по-видимому, с повышенной чувствительностью взрывчатой смеси в облаке, подготовленной к самовоспламенению. В таких условиях сжатие и разогрев смеси в УВ с числом Маха около 3.2 оказались достаточными для возбуждения быстрых экзотермических реакций вблизи ударного фронта и возникновения детонации.

В наблюдаемых явлениях определенную роль мог играть и классический механизм ускорения пламени при взаимодействии с УВ, приводящий к многократному увеличению поверхности горения. Однако тот факт, что эффект значительного сокращения преддетонационного расстояния наблюдался лишь при некоторой «резонансной» задержке прихода УВ в форкамерное облако, свидетельствует о второстепенной роли этого механизма.

Работа выполнена при поддержке Международным научно-техническим центром в рамках проекта №2740.

Список литературы

1. Фролов С.М., Басевич В.Я., Аксенов В.С., Полихов С.А. //ДАН. 2004. Т. 394. №2. С. 222.
2. Frolov S.M., Basevich V.Ya., Aksenov V.S., Polikhov S.A. //J. Propulsion and Power. 2003. Vol. 19. No. 4. P. 573.