

Структура и пределы гетерогенной детонации

Фролов С.М.

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва

smfrol@chph.ras.ru

В последние годы возобновился интерес к разработке двигателей и энергетических установок с периодическим сжиганием топлива в бегущей детонационной волне [1]. Наиболее приемлемым способом сжигания топлива в таких устройствах считают гетерогенную детонацию раздробленного жидкого топлива в воздухе. В существующих моделях гетерогенной детонации используют осредненное описание процессов в зоне реакции. Предполагают, что скорость тепловыделения определяется либо скоростью испарения капель (мелкие частицы), либо скоростью дробления капель (относительно крупные частицы), и кинетические особенности реакций окисления горючего вообще не принимают во внимание. В некоторых моделях учитывают существование периода индукции тепловыделения. Для этой цели используют эмпирические соотношения для задержки воспламенения, зависящие от средней температуры газа за ударной волной. Поскольку осредненное описание зоны реакции не вполне учитывает сложные физико-химические процессы, необходимы более точные модели явления, которые позволили бы определить пределы гетерогенной детонации для разных жидких топлив по отношению к начальному составу двухфазной смеси, давлению, температуре, размеру капель и степени предварительного испарения жидкости. Цель работы – предложить уточненную модель структуры и пределов гетерогенной детонации, учитывающую локальное самовоспламенение и диффузионно-лимитированное горение смеси в окрестности капель при переменных осредненных параметрах течения за ударной волной, ведущей детонацию.

Новая модель основана на совместном решении двух задач: (1) задачи об одномерном течении газа за ударной волной с распределенными источниками массы, количества движения и энергии и (2) задачи о самовоспламенении и горении капли горючего в однородной монодисперсной капельной газозвеси [2]. Скоростную неравновесность фаз не учитывали (мелкие капли). С одной стороны, источники массы, количества движения и энергии в уравнениях задачи (1) определяли из решения сопряженной задачи (2), т.е. учитывали локальный характер явлений в окрестности капель. С другой стороны, давление и плотность частиц в газозвеси в задаче (2) определяли из решения задачи (1). Стационарное решение в новой модели существовало, если в конце зоны реакции одновременно выполнялись два условия: средняя скорость течения была равна местной скорости звука и происходила смена знака теплового воздействия распределенных источников на осредненное течение.

Проведены расчеты скорости и структуры гетерогенной детонации для стехиометрических капельных смесей *n*-гептана и *n*-додекана в воздухе при нормальных начальных условиях и при разных степенях предварительного испарения капель. В расчетах использованы многостадийные механизмы химических реакций окисления указанных топлив. Определены пределы детонации по степени предварительного испарения горючего и начальному размеру капель.

Работа выполнена при поддержке Российским фондом фундаментальных исследований (грант 05-08-18200а) и Международным научно-техническим центром (проект 2740).

Список литературы

- [1] Roy G. D., Frolov S. M., Borisov A. A., Netzer D. W. Pulse Detonation Propulsion: Challenges, Current Status, and Future Perspective. *Progress in Energy and Combustion Science*, 2004, Vol. 30, Issue 6, pp. 545-672.
- [2] Фролов С. М., Басевич В. Я. Горение капель. В кн. *Законы горения*. Под ред. Ю.В. Полежаева. М.: УНПЦ «Энергомаш», 2006, с. 130-159.