

ОСОБЕННОСТИ НЕПРЕРЫВНОЙ СПИНОВОЙ ДЕТОНАЦИИ ТОПЛИВОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Ф.А. Быковский, С.А. Ждан

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева
630090, Новосибирск, Россия*

В работе представлен анализ основных особенностей, отличающих непрерывную спиновую детонацию (НСД) топливовоздушных смесей (ТВС) в кольцевых камерах сгорания от обычной спиновой и многофронтной детонации в трубах. Экспериментальные данные по реализации НСД в смесях ацетилен-воздух, водород-воздух, синтез-газ-воздух показывают следующие особенности: 1) смесь перед поперечной детонационной волной (ПДВ) не подвергается предварительному сжатию в ударном скачке и является холодной, однако ее температура может быть повышена за счет добавления части продуктов сгорания, оставшихся от предыдущей волны или образовавшихся в результате горения новой смеси в зонах контакта со старыми продуктами и с нагретыми стенками; возможны поджатие и нагрев исходной смеси продольными волнами, идущими вверх по потоку и обусловленными влиянием внешней среды или препятствиями (например, сужением кольцевого канала); 2) смесь перед ПДВ неидеально перемешана, поскольку она образуется в самой камере за относительно короткое время между последовательными проходами ПДВ; 3) ПДВ оказывает влияние на состояние смеси впереди себя, так как это состояние формируется при взаимодействии новой входящей в камеру смеси с продуктами детонации предшествующего цикла той же ПДВ либо другой такой же ПДВ, движущейся впереди любой рассматриваемой волны; 4) вследствие высоких, хотя и кратковременных, пиков давления в ПДВ, часто наблюдается обратное воздействие ПДВ на систему подачи горючего и окислителя, в частности может происходить заброс продуктов через кольцевую щель на входе в камеру и отверстия форсунок в коллекторы; 5) стационарные ПДВ распространяются лишь в замкнутом кольцевом канале при одинаковом направлении вращения всех ПДВ; 6) размер слоя ТВС h , по которому распространяется фронт ПДВ, близок к критическому h^* для заданных компонентов ТВС и степени их перемешивания.

Несмотря на неоднородность смеси перед фронтом ПДВ, скорость волны D очень стабильна вследствие отрицательной обратной связи между величинами D и h : случайное повышение (понижение) D уменьшает (увеличивает) h и эти величины возвращаются в исходное состояние.

Итак, к настоящему времени достоверно установлено, что процесс НСД инициируется один раз и существует непрерывно, пока в камеру сгорания подается смесь. НСД является высокочастотным процессом с частотой $1 \div 6$ кГц и скоростью детонации $1 \div 1.5$ км/с, существует в широком диапазоне определяющих параметров, обладает эффектом масштабируемости, допускает уменьшение длины камеры до размера детонационного фронта. За счет подачи дополнительного воздуха в камеру сгорания НСД допускает снижение концентрации горючего до четырех раз по сравнению со стехиометрией, одновременно обеспечивая повышение удельного импульса, снижение температуры продуктов на выходе из камеры сгорания.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-01-00178а и гранта Президента РФ (номер НШ 2695.2014.1).