

Математическое моделирование предпламенного самовоспламенения газов в замкнутых сосудах

В. С. Иванов, С. М. Фролов

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

Решается задача о предпламенном самовоспламенении газовой смеси в замкнутом сосуде — явлении, неразрывно связанном со «стучком» в поршневых двигателях. Метод исследования — многомерное математическое моделирование с помощью нового пакета вычислительных программ, недавно разработанного в ИХФ РАН. Пакет позволяет проводить многомерное численное моделирование турбулентного горения, предпламенного самовоспламенения, перехода горения в детонацию и детонации в газовых взрывчатых смесях в каналах и сосудах сложной геометрии. Это стало возможным благодаря разработке и внедрению алгоритмов явного выделения фронта пламени и расчета объемного энерговыделения, основанного на методе Монте–Карло. В отличие от других существующих расчетных методов, новый алгоритм учитывает важнейшие особенности протекания химических реакций в пламени и в объеме: в пламени реакции протекают при наличии тепловых и диффузионных потоков, а в объеме основную роль играют реакции зарождения цепей.

Проведены расчеты горения водородно-воздушных и пропановоздушных смесей в замкнутых объемах разной геометрии. В расчетах, как и в известных экспериментах, предпламенное самовоспламенение имело ярко выраженный очаговый характер. Видимая скорость распространения объемной реакции в предпламенной зоне была непостоянна по времени и неизотропна по пространству и определялась всей предысторией процесса горения. Влияние предыстории процесса горения особенно проявилось при количественном сравнении результатов расчетов для сосудов разной геометрии. Так, в цилиндрическом сосуде максимальная видимая (фазовая) скорость волны самовоспламенения в предпламенной зоне составила около 5 км/с, тогда как в сосуде квадратного сечения — около 20 км/с, а в сосуде с внутренней «комнатой» — около 50 км/с. Такое отличие связано с термоакустическими явлениями, в частности с фокусирующим влиянием углов камеры сгорания на волны давления, порождаемые распространяющимся турбулентным пламенем.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 11-08-01297).