

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГОРЕНИЯ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ФРОНТА ПЛАМЕНИ

В.А. Сметанюк, В.С. Иванов, С.М. Фролов

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

Для отработки эффективных систем, обеспечивающих переход горения в детонацию (ПГД) в перспективных импульсно-детонационных двигателях и горелочных устройствах, требуются расчетно-экспериментальные исследования, которые позволят подобрать оптимальные геометрические и режимные параметры камер сгорания и всего процесса в целом. Основная нерешенная проблема при численном моделировании ПГД в гомогенных газовых смесях – одновременное разрешение широкого спектра характерных временных и пространственных масштабов, сопутствующих турбулентному горению с предпламенным самовоспламенением.

Цель данной работы – создание “подсеточной” математической модели и параллельного трехмерного численного алгоритма для расчетов начальной стадии ускорения пламени и ПГД в газовой взрывчатой смеси, основанного на явном выделении поверхности пламени в турбулентном потоке, а также на модели микроламинарного пламени, принципе суперпозиции Гюйгенса и методе Монте-Карло для пространственного и временного разрешения предпламенного самовоспламенения. В трехмерной геометрии фронт пламени внутри расчетной ячейки описывается набором элементарных поверхностей (треугольников). Каждая элементарная поверхность движется с нормальной скоростью, равной локальному мгновенному значению скорости ламинарного горения, и сносится газодинамическим потоком. В модели предусмотрена динамическая дискретизация искривленного фронта пламени с учетом его взаимодействия со стенками трубы и препятствиями. Кроме того, модель оптимизирует количество элементарных поверхностей фронта внутри расчетной ячейки. Важную роль в реализации алгоритма играют электронные таблицы скорости ламинарного горения как функции температуры, давления и состава смеси. Они составлены на основе решения задачи о структуре плоского ламинарного пламени с использованием детальных и полуэмпирических кинетических механизмов. Созданный алгоритм адаптирован для использования многопроцессорных вычислительных систем.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 02.516.12.6026 “Разработка процесса импульсного детонационного горения природного газа для повышения эффективности работы энергетических установок”.