

Модель испарения капель в газозвеси

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

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

smfrol@chph.ras.ru

В плотных топливных струях, в которых расстояние между соседними каплями порядка нескольких диаметров частиц, сильно проявляются эффекты торможения испарения капель, вызванные экранированием тепло- и массообмена, а также обмена количеством движения между каплями и газом. Учет этих эффектов важен для оптимизации смесеобразования в камерах сгорания двигателей. В численных расчетах двухфазных течений используются стандартные модели испарения капель, в которых коллективные эффекты, вызванные наличием соседних капель, учитываются некорректно. Такие модели основаны на обыкновенных дифференциальных уравнениях баланса массы, количества движения и тепла для одиночной капли, а тепловые и диффузионные потоки в них определяются по средней температуре и средней концентрации пара топлива в ячейке расчетной сетки. В этом случае влияние коллективных эффектов на испарение капли зависит от размера ячейки. Чтобы исключить влияние расчетной сетки, модель испарения капли должна учитывать локальный характер взаимодействия соседних частиц. Цель работы – предложить простую модель испарения капли, которая бы корректно учитывала коллективные эффекты. При разработке модели использовали результаты решения детальной сопряженной задачи [1].

В новой модели кроме размера расчетной ячейки использовали расстояние между каплями. Этот параметр зависит от массовой концентрации жидкости и среднего размера капель в ячейке. Каждой капле в ячейке выделяли сферический объем газа («элементарную сферу»), причем радиус сферы был равен половине расстояния между каплями. Чтобы учесть диффузионно-лимитированные процессы в окрестности капель, среднюю температуру и среднюю концентрацию пара в ячейке перераспределяли: вместо однородных распределений в ячейке получались неоднородные распределения внутри элементарных сфер. Распределения температуры и концентрации пара в сферах рассчитывали по известным значениям температуры и концентрации пара на поверхности капель. В такой модели естественным образом возникает период индукции – тот период в жизни капли, когда коллективные эффекты не проявляются. В течение этого периода глубина проникновения межфазных тепловых и диффузионных потоков меньше радиуса элементарной сферы, а сами потоки определяются значениями максимальной температуры и минимальной концентрации пара в ячейке. По завершении периода индукции начинают проявляться коллективные эффекты. На этой стадии процесса тепловые и диффузионные потоки определяются значениями температуры и концентрации пара на границе элементарной сферы.

Для проверки модели провели одномерные и трехмерные численные расчеты испарения капель в однородных монодисперсных капельных газозвесах с разной массовой концентрацией жидкости и разными размерами частиц и сравнили результаты расчетов по новой и по стандартной моделям. Показано, что новая модель обладает значительно меньшей чувствительностью к размеру расчетной сетки, чем стандартная. Кроме того, расчеты по новой модели хорошо согласуются с результатами [1]. В дальнейшем планируется распространить новую модель на случай воспламенения и горения капель в плотных газозвесах.

Работа выполнена при поддержке Российским фондом фундаментальных исследований (гранты 05-08-18200а и 05-08-50115а) и Международным научно-техническим центром (проект 2740).

Список литературы

[1] Фролов С. М., Басевич В. Я., Посвянский В. С., Сметанюк В. А. Испарение и горение капли углеводородного топлива. IV. Испарение капли с учетом коллективных эффектов. Химическая физика, 2004, том 23, №7, с. 49-58.