

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-08-00068-а).

Литература

1. Pope S.B. // Prog. Energy Combust. Sci. 1985. V. 11. P. 119.
2. Rose M., Roth P., Frolov S.M. // Acta Mechanica. 2000. V. 145. P. 45.
3. Rose M., Roth P., Frolov S.M., Neuhaus M.G. // Combust. Sci. and Tech. 1999. V. 149. P. 95.
4. Ivanov V.S., Smetanyuk V.A., Frolov S.M. // In: Proc. 7th Symp. (Intern.) on Hazards, Prevention, and Mitigation of Industrial Explosions. St. Petersburg, 2008. V. 1. P. 217.
5. Agafonov G.L., Borisov A.A., Smirnov V.N., Troshin K.Ya., Vlasov P.A., Warnatz Yu. // Combust. Sci. and Tech. 2008. V. 180. P. 1876.
6. Басевич В.Я., Беляев А.А., Фролов С.М. // Химическая физика. 1998. Т. 17. № 10. С. 71.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОМОГЕННОГО ГОРЕНИЯ ГАЗОВ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ФРОНТА ПЛАМЕНИ

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

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

В настоящее время известно несколько подходов к численному моделированию гомогенного горения в турбулентном потоке. В двух предельных режимах, соответствующих (i) бесконечно большой скорости химических реакций и (ii) бесконечно быстрому смешению продуктов горения со свежей смесью, моделирование турбулентного горения не вызывает принципиальных сложностей. Однако на практике такие предельные режимы горения реализуются редко: как правило, характерные масштабы времени процесса смешения и химических превращений в турбулентных пламенах близки по порядку величины. В этих случаях при расчете средней скорости турбулентного горения необходимо учитывать взаимное влияние турбулентных пульсаций скорости течения и химической кинетики. Для этого используют либо статистические модели, основанные на совместных функциях плотности распределения вероятностей (СФПРВ) разных параметров течения, либо модели микроламинарных пламен (МП), основанные на представлении фронта горения в виде набора элементарных площадок ламинарного пламени в турбулентном поле течения. Существуют и комбинированные модели, включающие достоинства моделей СФПРВ и МП. Численная реализация современных моделей СФПРВ и МП, а также комбинированных

моделей – не простое дело. Кроме того, для применения таких моделей в практических расчетах гомогенного горения требуются многопроцессорные вычислительные комплексы, позволяющие сократить время расчета до приемлемого уровня. В связи с этим остается весьма актуальной задача разработки быстрых алгоритмов расчета, позволяющих с достаточной точностью моделировать гомогенное горение в многомерном турбулентном потоке.

Нами разработан алгоритм явного выделения поверхности пламени в турбулентном потоке, основанный на модели МП и принципе суперпозиции Гюйгенса. При заданной начальной геометрической форме очага зажигания поверхность, отделяющая свежую смесь от продуктов горения, представляется в виде набора элементарных площадок турбулентного пламени. В турбулентном потоке каждая площадка фронта пламени движется со скоростью, равной сумме нормальной скорости горения и локальной скорости течения. Нормальная скорость горения определяется по одной из известных моделей турбулентного пламени, например, по модели Щелкина, и зависит от локальной скорости ламинарного горения и локальных параметров турбулентности. Локальная скорость течения и параметры турбулентности определяются из решения системы осредненных уравнений течения методом контрольных объемов с использованием специальной процедуры интерполяции. Вследствие того, что поле течения нестационарно и неоднородно, очаг зажигания деформируется. Непрерывность фронта горения обеспечивается системой эвристических правил, исключающих из рассмотрения невероятные конфигурации пламени. Важную роль в реализации алгоритма играют электронные таблицы скорости ламинарного горения как функции начальных температуры, давления и состава смеси. Такие таблицы нами составлены на основе решения задачи о структуре плоского ламинарного пламени с использованием как детальных, так и полуэмпирических кинетических механизмов. Таблицы содержат информацию о концентрационных пределах распространения пламени. Проведены расчеты гомогенного горения метано-воздушной смеси в проточной камере сгорания со стабилизатором пламени, которые продемонстрировали высокую эффективность разработанного алгоритма.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-08-00068-а).