

ческой программе, использующей неструктурированные расчетные сетки произвольной геометрии.

В работе построены обобщенные НГУ для трехмерных течений, мало отличающихся от некоторого стационарного течения. Полученные условия представляют собой интегро-дифференциальные уравнения и носят нелокальный характер как по времени, так и по пространству: в них входят интегралы по времени и пространству. Для численной реализации выведены приближенные НГУ. С использованием приближенных НГУ нами проведены двумерные расчеты обтекания цилиндрического тела квадратного сечения на регулярных сетках разной протяженности, а также трехмерные расчеты продувки камеры сгорания поршневого двигателя на неструктурированных сетках разной протяженности. Показано, что применение новых НГУ позволяет значительно приблизить выходное сечение канала к обтекаемому телу без существенного искажения поля течения в аэродинамическом следе. Таким образом, применение обобщенных НГУ приводит к подавлению паразитных отражений волн давления от открытых границ расчетной области и к сокращению вычислительных затрат.

Авторы выражают глубокую признательность д-ру Б. Базаре за помощь при внедрении обобщенных НГУ в вычислительную программу AVL FIRE.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-08-00068-а) и фирмы AVL LIST (Австрия).

Литература

1. Фролов С.М., Басевич В.Я., Беляев А.А., Посвянский В.С., Радвогин Ю.Б. Моделирование стабилизации пламени в турбулентном потоке // Химическая физика. 1999. Т. 18. № 3. С. 86-99.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЧАСТИЦ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ САЖИ И ОКИСЛОВ АЗОТА ПРИ ГОМОГЕННОМ ГОРЕНИИ ГАЗОВ

*В.Я. Басевич, А.А. Беляев, П.А. Власов,
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*

Для многомерных расчетов образования вредных веществ (сажи, окислов азота и др.) при горении углеводородных топлив в авиационных и ракетных двигателях требуются модели, учитывающие влияние

турбулентных пульсаций потока на средние скорости реакций [1] и на время пребывания вещества в камере сгорания. В [2–4] нами предложен метод и разработана процедура расчета этих параметров в газовых [2, 4] и двухфазных [3] турбулентных реагирующих потоках. В этом методе – методе частиц – мгновенные локальные состояния турбулентного реагирующего течения представляются в виде большого набора взаимодействующих псевдочастиц, обладающих индивидуальными свойствами (масса, скорость, температура, концентрации компонентов и др.). Фундаментальные уравнения течения решаются численно с использованием комбинированного алгоритма: метода контрольных объемов для расчета полей осредненного давления и масштаба турбулентности и метода Монте-Карло для расчета всех скалярных полей (энтальпия и концентрации реагентов), поля скорости и поля турбулентной энергии. Основные достоинства метода – возможность точного определения средних скоростей химических реакций энерговыделения и образования вредных веществ в турбулентном потоке, а также возможность получения функций плотности распределения вероятностей времени пребывания вещества в камере сгорания.

В данной работе метод частиц применен для решения задачи об эмиссии сажи и окислов азота при гомогенном горении метано-воздушной смеси в проточной камере сгорания со стабилизатором пламени. Для расчета концентраций сажи и окислов азота использовали электронные таблицы скоростей соответствующих реакций, которые получены на основе детального механизма сажеобразования [5] и механизма образования “термического” NO [6]. Метано-воздушное пламя моделировали с помощью явного выделения поверхности пламени и электронных таблиц нормальной скорости горения как функции начальных температуры, давления и состава смеси. Для расчета локальной скорости турбулентного пламени в потоке со слабой крупномасштабной турбулентностью использовали известную модель Щелкина и принцип суперпозиции Гюйгенса. Концентрацию “быстрого” NO также определяли по электронным таблицам, составленным на основе решения задачи о структуре ламинарного пламени с учетом реакций образования “быстрого” NO [6].

Расчеты показали, что значения эмиссионных индексов сажи и NO во многом определяются количеством рассматриваемых локальных реализаций турбулентного реагирующего течения и существенно зависят от параметров турбулентности и структуры течения. Показано, что так называемые “реакторные модели” не всегда адекватно описывают количественные и качественные особенности рассматриваемых явлений.

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.