АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК-СРЕДА»

Черунова И.В., Корнев Н.В., Князева С.В., Сирота Е.Н., Пашков В.С.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г.Шахты

Важным аспектом в управлении безопасностью технических систем с присутствием человека является наличие индивидуальных защитных конструкций, от свойств которых зависит защищенность самого человека при воздействии опасных и вредных факторов среды. В условиях совокупного воздействия природной и техногенной среды актуальной задачей является разработка численных методов и создание технических устройств оценки и прогнозирования свойств средств индивидуальной защиты человека, совершенствование методов инженерного проектирования и технологии их промышленного производства на основе математического моделирования системы «Человек – Средства индивидуальной защиты – Природно-техногенная среда».

Необходимость применения численного моделирования для решения поставленной задачи становится очевидной, если учесть, что эксперименты по изучению теплообмена системы «Человек - Природно-техногенная среда» в экстремальных условиях, вызванных катастрофами природного и техногенного характера, чрезвычайно затруднены или просто невозможны. Численное моделирование является единственным инструментом, позволяющим реально воспроизвести изучаемый физический процесс.

Для решения задач теплообмена человека со средой посредством специальных защитных конструкций актуальным является использование метода крупных вихрей при моделировании процессов переноса температуры как пассивного скаляра.

В этом случае допущено, что изменение температуры воздуха, вызванное потоком тепла с человеческого организма, незначительно. Его влиянием на кинематическую вязкость и плотность воздуха можно пренебречь. Тогда температура может рассматриваться как пассивный скаляр.

В настоящее время метод крупных вихрей распространен на сложные системы, содержащие дополнительные скалярные величины и уравнения, описывающие их перенос. С помощью таких математических моделей исследуются химически реагирующие течения, в том числе и задачи горения. В качестве более простого примера использования метода LES с учетом дополнительного скаляра рассмотрим задачи теплообмена, в которых температура играет роль пассивной примеси [1,2].

В работе [3] представлена математическая модель, описывающая движение жидкости совместно с переносом температуры как пассивного скаляра. Она включает осредненные в смысле фильтрации LES уравнения: осредненное уравнение неразрывности, осредненное уравнение Навье Стоксао, осредненное уравнение для температуры для случая однородной жидкости, где слагаемые описывают вклад мелкомасштабного движения в крупномасштабное движение. Аналогично теории Колмогорова можно построить теорию, описывающую пульсации пассивного скаляра в локально изотропном турбулентном движении. Существуют универсальные законы как для плотности кинетической энергии E, так и спектральной плотности температурной вариации , порожденной турбулентными пульсациями скорости в локально изотропном движении. Таким образом, для мелкомасштабных температурных пульсаций можно найти простые универсальные зависимости позволяющие выразить через осредненные характеристики и ширину фильтра.

Было найдено выражение для коэффициента диффузии температуры, порожденной мелкомасштабным движением :
где турбулентное число Прандтля и коэффициент турбулентной вязкости, определяемый, например, по теории Смагоринского или Germano. Формирующая в этом случае замкнутая система уравнений может быть решена численными методами.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки России в рамках ФЦП по гранту № 14.B37.21.1247.

Список литературы

1. Монин А.С., Яглом А.М., Статистическая гидромеханика. Ч.1 - М.: Наука, 1965. – 640 с.
2. Монин А.С., Яглом А.М., Статистическая гидромеханика. Ч.2 - М.: Наука, 1967. – 720 с.
3. Metais O., Lesieur M., Spectral large-eddy simulation of isotropic and stably stratified turbulence, J.Fluid Mechanics, 1992, vol. 239. - p. 157-194.