

Разработка вихреразрешающей микромасштабной математической модели для исследования процессов переноса примеси в элементах городской застройки.

Данилкин Евгений Александрович
Томский государственный университет (Томск), Россия
e-mail: ugin@math.tsu.ru

Старченко А. В.

В докладе будет представлена параллельная реализация алгоритма численного решения системы уравнений Навье-Стокса, описывающих движение несжимаемой среды при моделировании турбулентности методом крупных вихрей. Метод крупных вихрей или вихреразрешающее моделирование рассматривается как альтернатива распространенному методу решения уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу. Метод крупных вихрей оказывается более предпочтительным при моделировании турбулентных отрывных течений, так как позволяет напрямую описывать нестационарную структуру турбулентного течения, напрямую предсказывая поведение крупных вихрей и передачу энергии к более мелким вихрям с масштабами вплоть до размера ячейки расчетной сетки. При этом вихри меньшего масштаба, которые можно считать изотропными, моделируются с помощью той или иной подсеточной модели.

При реализации вихреразрешающего моделирования турбулентности особое внимание необходимо уделять схемам аппроксимации конвективных и нестационарных слагаемых, использующимся при получении дискретного аналога уравнений переноса для компонент скорости. Аппроксимация конвективных членов уравнения переноса выполняется с использованием противотоковой схемы MLU Ван Лира. Аппроксимация диффузионных членов осуществляется с использованием центрально-разностной схемы второго порядка. Для решения уравнений переноса применяется явная схема по времени (Адамса-Бэшфорда). Результатом дискретизации является явная разностная схема второго порядка аппроксимации по времени и пространству, являющаяся условно устойчивой.

Для согласования полей скорости и давления использовалась схема предиктор-корректор, в соответствии с которой явная схема Адамса-Бэшфорда для уравнений движения выполняла функцию предиктора, а коррекция поля скорости, удовлетворяющего уравнению неразрывности на новом временном слое, выполнялась на основе решения разностного уравнения для давления. Для решения системы линейных алгебраических уравнений для отыскания давления использовался метод сопряженных градиентов (CG) с использованием предобуславливания методом верхней релаксации с красно-черным упорядочиванием.

Апробация построенной математической модели турбулентного течения проверена на следующих модельных задачах: течение над шероховатой пластиной и обтекание цилиндра квадратного сечения. После верификации на тестовых задачах предложенная математическая модель применена для исследования аэродинамики потока и переноса примеси в элементах городской застройки.

Вихреразрешающее моделирование предъявляет достаточно жесткие требования к быстродействию ЭВМ, поэтому в работе сделан упор на эффективное использование многопроцессорной вычислительной техники с распределенной памятью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 12-05-31341, № 12-01-00433-а.