

МЕТОД ПЕНАЛИЗИРОВАННЫХ ПРИСТЕНОЧНЫХ ФУНКЦИЙ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧАХ АЭРОДИНАМИКИ

Н.А. Клюев

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва

nik_kluev@mail.ru

Для численного моделирования турбулентных течений на практике широко используются методы, основанные на решении осреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса. Такие методы предъявляют высокие требования к пристеночному разрешению расчётной сетки, что приводит к значительной продолжительности времени расчёта для сложных течений.

Использование методов пристеночных функций позволяет значительно снизить требования к размеру пристеночных ячеек.

В работе представлен новый метод пенализированных пристеночных функций (метод ППФ) [1, 2]. Его ключевой особенностью является дифференциальная формулировка, которая устраняет ряд недостатков, характерных для классических методов пристеночных функций. В методе ППФ вводится вспомогательное дифференциальное уравнение, отвечающее за сшивку внешнего решения с аналитическим законом стенки. Во вспомогательном уравнении также осуществляется перенос решения на основе метода характеристических штрафных функций в сторону твёрдой поверхности для постановки условия непротекания с заданным касательным напряжением. Гибкая формулировка метода ППФ допускает обобщение метода на широкий класс задач, включая задачи с отрывными течениями. Вычислительный алгоритм метода ППФ реализован на базе программного комплекса Noisette [3].

Применимость метода продемонстрирована на примере решения ряда двумерных задач моделирования турбулентных течений, в том числе характеризующихся наличием точек отрыва и присоединения потока.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 21-71-10100.

Список литературы:

1. Васильев О.В., Жданова Н.С. Метод моделирования турбулентного пограничного слоя на основе аналитических законов стенки в формулировке метода характеристических штрафных функций // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2023. Т. 63. № 5. С. 778–794.
2. Vasilyev O.V., Zhdanova N.S. Generalization of the Penalized Wall Function Method for Modeling of Turbulent Flows with Adverse Pressure Gradient // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2023. V. 63. No. 12. P. 2384–2401.
3. Gorobets A., Bakhvalov P. Heterogeneous CPU+GPU parallelization for high-accuracy scale-resolving simulations of compressible turbulent flows on hybrid supercomputers // Comp. Phys. Communications. 2022. Vol. 271. P. 108231.