

СРАВНЕНИЕ НОРМ ОШИБОК СОЛВЕРОВ ПАКЕТА OPENFOAM НА ПРИМЕРЕ ОБТЕКАНИЯ КОНУСА ПОД НУЛЕВЫМ УГЛОМ АТАКИ¹

А.Е. Кувшинников (Москва, ИПМ им. М.В. Келдыша РАН)
kuvsh90@yandex.ru

Исследуется обтекание конуса сверхзвуковым потоком воздуха под углом атаки $\alpha = 0^\circ$. Число Маха набегающего потока изменялось от 1 до 7 с шагом 1, угол полураствора конуса $\beta = 10 - 35^\circ$ с шагом 5° .

Для сравнения из программного пакета OpenFOAM выбраны 4 солвера: rhoCentralFoam, sonicFoam (оба изначально входят в состав OpenFOAM), pisoCentralFoam, QGDFoam — созданы сторонними разработчиками. Были проведены расчеты для всех солверов, а также скоростей и углов полураствора в вышеуказанных диапазонах. Для каждого варианта были вычислены аналоги нормы L_2 :

$$\sqrt{\sum_m |y_m - y_m^{exact}|^2 V_m} / \sqrt{\sum_m |y_m^{exact}|^2 V_m}$$

где y_m — давление, компоненты скорости и плотность, полученные численным моделированием y_m^{exact} — те же величины, полученное интерполированием табличных значений из [1] на ячейки сетки, V_m — объем ячейки. Суммирование проводится по всем ячейкам расчетной сетки.

Солвер rhoCentralFoam обладает минимальной нормой погрешности для поля давления, однако вызывает осцилляции у поверхности конуса. Солвер sonicFoam вызывает осцилляции на фронте ударной волны при $M \geq 3$. Солвер QGDFoam обладает минимальной нормой погрешности для поля скоростей, но является неустойчивым при высоких числах Маха и углах полураствора. Также он позволяет избежать неразрушающих решение, но все равно нежелательных, осцилляций в силу своих диссипативных свойств.

Литература

1. Бабенко К.И. Пространственное обтекание гладких тел идеальным газом / К.И. Бабенко, Г.П. Воскресенский, А.Н. Любимов, В.В. Русанов. М. : Наука. 1964. — 505 с.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-31-00320-мол_а).

© Кувшинников А.Е., 2019