

Тестирование поправки Спаларта – Шура на основе LES вращающегося однородного сдвигового слоя

Андрей Стабников Сергеевич

Студент (магистр)

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт прикладной математики и механики, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: an.stabnikov@gmail.com

Чаще всего для замыкания уравнений Рейнольдса, обычно применяемых для расчета турбулентных течений, используются полуэмпирические модели турбулентной вязкости (EVM), основанные на гипотезе Буссинеска, постулирующей линейную связь между производными средних значений скорости и тензором рейнольдсовых напряжений. Полуэмпирические модели не универсальны [1], однако некоторые их дефекты носят систематический характер и могут быть исправлены при помощи введения в модели соответствующих поправок. В частности, именно так обстоит дело с течениями, в которых вращение потока или кривизна линий тока оказывают существенное влияние на характеристики турбулентности. Так, для модели турбулентной вязкости с одним уравнением SA [1] Спалартом и Шуром была разработана поправка на кривизну линий тока и вращение потока [2], тестированию которой и посвящена настоящая работа.

Задача о развитии турбулентности во вращающемся однородном сдвиговом слое очень удобна для тестирования поправок на кривизну и вращение, поскольку интенсивность вращения характеризуется одним безразмерным параметром - числом Россби (Ro), а большинство полуэмпирических моделей имеет аналитическое решение. В частности, уравнение модели Спаларта-Аллармаса для рассматриваемой задачи упрощается до обыкновенного дифференциального уравнения $\frac{\partial \nu_t}{\partial t} = C_b S \nu_t \cdot f_{r1}$, которое имеет аналитическое решение $\nu_t = \nu_t \exp(C_b S f_{r1} t)$. Сравнение этого решения с эволюцией турбулентной вязкости во времени $\nu_t(t) = -\overline{u'_1 u'_2(t)}/S$, извлеченной из решения LES, позволяет получить оптимальную зависимость функции поправки f_{r1} от числа Россби. Из сравнения полученной зависимости с поправкой Спаларта-Шура (рис.1) видно, что она обеспечивает хорошее соответствие при умеренных числах Россби, и несколько недооценивает влияние вращения при больших скоростях вращения. В продолжение работы планируется модификация поправки Спаларта-Шура на основе полученного оптимального распределения и тестирование полученной поправки.

Источники и литература

- 1) Spalart, P. R., Shur, M. L. On the sensitization of turbulence models to rotation and curvature // Aerospace Science and Technology. 1997. 1(5), 297–302.
- 2) Spalart, P. R., Allmaras, S. R. . A one-equation turbulence model for aerodynamic flows // AIAA Paper, 1992 92-0439.

Иллюстрации

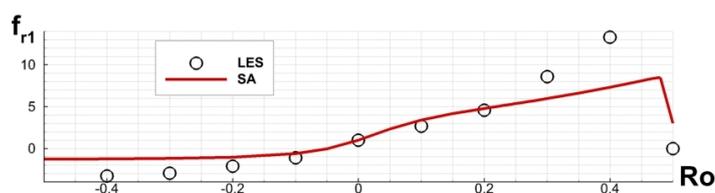


Рис. 1. Сравнение зависимостей функции поправки от числа Россби Ro , полученных аналитически из поправки Спаларта и Шура и из LES расчёта