

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВОЗЛЕ НАКЛОННОГО ОБРАТНОГО УСТУПА BFS45 С ПОМОЩЬЮ КОДА NOISETTE

А.П. Дубень, Т.К. Козубская

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва, aduben@keldysh.ru

В докладе будут представлены результаты расчетов сверхзвукового турбулентного течения возле наклонного (угол 45°) обратного уступа [1] (BFS45). Задача характеризуется числом Маха внешнего потока $M = 3$ и числом Рейнольдса, посчитанным по высоте уступа h , $Re_h = 4.9 \cdot 10^5$. Будут представлены результаты расчетов с помощью метода RANS в двумерной постановке, а также вихреразрешающие расчеты в рамках гибридного RANS-LES подхода IDDES [2]. В качестве модели замыкания рассматриваются модели Спаларта-Аллмараса (SA) и SST Менгера. Для задания турбулентных пульсаций в расчетах IDDES в пограничном слое на входе используется генератор синтетической турбулентности [3]. Расчеты проводятся с помощью адаптивного численного метода повышенной точности [4], сочетающего центрально-разностную, противопоточную и WENO5 аппроксимации для конвективных членов. Все расчеты выполнены с помощью программного комплекса NOISEtte [5], работающего на неструктурированных сетках. Трехмерная вычислительная сетка для IDDES содержит 18.5 млн узлов (151 слой на $1.5h$ в поперечном, Z, направлении).

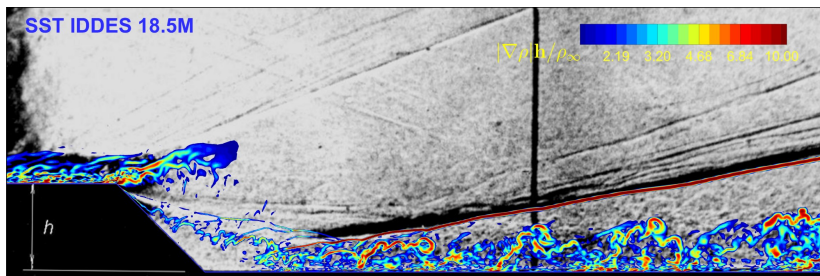


Рис. 1. Мгновенная картина течения из вихреразрешающего расчета, наложенная на экспериментальную

Анализ результатов расчетов проводится на основе сравнения с экспериментальными данными по картине течения (Теплеровская фотография в центральном сечении, линии тока на поверхности), распределении статического давления на поверхности, а также профилям полного давления в различных сечениях. Будет показано, что модели RANS не способны с достаточной точностью описать образующееся отрывное турбулентное течение. В то же время вихререзающий метод IDDES позволяет получать вполне приемлемые результаты, близкие к экспериментальным по ряду характеристик. Будет рассмотрено влияние выбора модели замыкания на результаты расчетов.

Работа выполнена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020–2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 25.04.2022 N. 075-15-2022-330).

Литература

1. С.М. Босняков, А.П. Дубень, А.А. Желтоводов, Т.К. Козубская, С.В. Матяш, С.В. Михайлов. Численное моделирование сверхзвукового отрывного обтекания обратного наклонного уступа методами RANS и LES // Матем. моделирование, 31:11 (2019), 3–20.
2. M.L. Shur, P.R. Spalart, M.Kh. Strelets, A.K. Travin. A hybrid RANS-LES approach with delayed-DES and wall-modeled LES capabilities // Int J Heat Fluid Flow, 2008, 29(6), pp. 1638-1649.
3. M.L. Shur, P.R. Spalart, M.Kh. Strelets, A.K. Travin. Synthetic Turbulence Generators for RANS-LES Interfaces in Zonal Simulations of Aerodynamic and Aeroacoustic Problems // Flow Turbul Combust, 2014, v.93, p.63-92.
4. Duben, A.P., and Kozubskaya, T.K. Evaluation of quasi-one-dimensional unstructured method for jet noise prediction // AIAA J., Vol. 57, No. 12, 2019, pp. 5142–5155.
5. Gorobets, A., and Bakhvalov, P.. Heterogeneous CPU+GPU parallelization for high-accuracy scale-resolving simulations of compressible turbulent flows on hybrid supercomputers // Comput. Phys. Commun., Vol. 271, 2022, p. 108231.