

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ, СОЗДАВАЕМОГО КРЫЛОМ ПРОТОТИПА СВЕРХЗВУКОВОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА НА РЕЖИМЕ ПОСАДКИ

А.П. Дубень, Т.К. Козубская, П.В. Родионов

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

В настоящее время, в том числе в России, существуют несколько проектов, нацеленных на создание сверхзвукового пассажирского самолета (СПС) с низким уровнем звукового удара. Высокий приоритет в рамках данных проектов, помимо непосредственно минимизации интенсивности звукового удара на крейсерских режимах полета, имеют оптимизация аэродинамики планера для всех режимов полета и выбор параметров силовой установки. Так как разрабатываемый самолет является гражданским, важное значение приобретает также соответствие сертификационным требованиям ИКАО по шуму на местности.

Как и в случае дозвуковых гражданских самолетов, наибольший источник шума СПС при взлете будет связан с работой силовой установки. По предварительным оценкам и на режиме посадки доминирующие источники шума СПС будут связаны с силовой установкой, хотя для современных дозвуковых самолетов существенный вклад в общий шум на посадке вносят и элементы планера, такие как шасси и органы механизации крыла [1]. Целью настоящей работы является получение и анализ спектрального состава шума крыла СПС на режиме посадки в дальнем и ближнем полях.

В докладе будут представлены результаты численного моделирования аэродинамики крыла прототипа СПС на режиме посадки и создаваемого им акустического поля. Моделирование аэродинамических характеристик было проведено в рамках RANS подхода при помощи модели SST RC Mod [2]. Для моделирования акустики в ближнем поле применялся гибридный RANS-LES метод DDES [3, 4] с подсеточным масштабом $\Delta = \hat{\Delta}_\omega$ и подсеточной LES моделью σ (рис. 1а). Акустические пульсации в дальнем поле рассчитывались по методу FWH (рис. 1б). Вычисления проводились при помощи кода NOISEtte [5] с использованием конечно-объемной схемы EBR5. Был проведен анализ спектрального состава шума в точках ближнего и дальнего полей по третьоктавным полосам частот.

Работа выполнена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (Со-

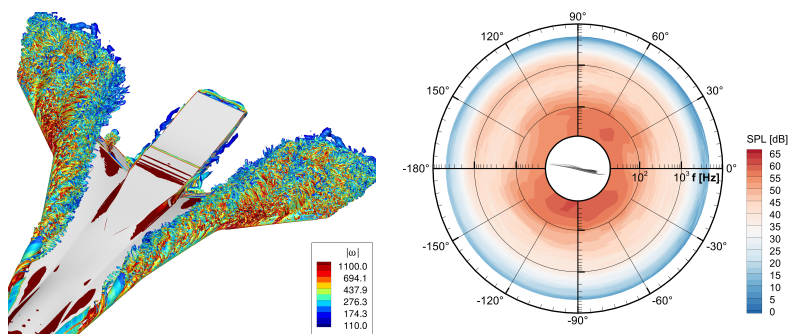


Рис. 1: $M = 0.2$, $Re_{lm} = 4.6 \times 10^6$, $\alpha = 10^\circ$, DDES. Мгновенное поле течения (слева; изоповерхности Q-критерия = 5000 $1/c^2$) и спектральный состав шума на расстоянии 150 м (справа)

глашение от 25.04.2022 № 075-15-2022-330). Вычисления проведены с помощью гибридного суперкомпьютера K60, установленного в Суперкомпьютерном Центре коллективного пользования ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, а также оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова.

Литература

1. W. Dobrzynski, R. Ewert, M. Pott-Pollenske, M. Herr, J. Delfs. Research at DLR towards airframe noise prediction and reduction. *Aerosp. Sci. Technol.*, 2008, v.12, p.80–90.
2. A.S. Stabnikov, A.V. Garbaruk. Testing of modified curvature-rotation correction for $k-\omega$ SST model. *J. Phys. Conf. Ser.*, 2016, v.769, p.012087.
3. M.L. Shur, P.R. Spalart, M.K. Strelets, A.K. Travin. A hybrid RANS-LES approach with delayed-DES and wall-modelled LES capabilities. *Int. J. Heat Fluid Flow*, 2008, v.29, p.1638–1649.
4. M.L. Shur, P.R. Spalart, M.K. Strelets, A.K. Travin. An Enhanced Version of DES with Rapid Transition from RANS to LES in Separated Flows. *Flow, Turbul. Combust.*, 2015, v.95, p.709–737.
5. A. Gorobets, P. Bakhvalov. Heterogeneous CPU+GPU parallelization for high-accuracy scale-resolving simulations of compressible turbulent flows on hybrid supercomputers. *Comput. Phys. Commun.*, 2022, v.271, p.108231.