

## Тестирование метода предсказания шума взаимодействия струи и крыла самолета на низких частотах для различных конфигураций и типов входных данных

О.П. Бычков<sup>1,2</sup>, Ю.В. Медведев<sup>2</sup>, Г.А. Фараносов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ)

Шум самолета на местности складывается из различных источников, которые продолжительное время рассматривались отдельно друг от друга. Однако особенности современных компоновок самолетов приводят к необходимости исследования их взаимодействия друг с другом. В то время как двигатель самолета остается одним из основных источников шума, шум взаимодействия реактивной струи и закрылка также может вносить существенный вклад в общие уровни шума [1-4].

Интерес к данному эффекту привел к созданию различного рода упрощенных моделей [5-9], в которых крыло моделируется жесткой плоской пластиной, на которую падают пульсации давления, создаваемые струей, и в аналитических моделях представляемые в виде суперпозиции азимутальных мод. Такие модели позволяют получить достаточно надежные оценки характеристик шума взаимодействия в области низких частот (где он наиболее силен) для систем простой геометрии при условии, что известны достаточно подробные характеристики падающего на крыло поля пульсаций: спектры и фазовые скорости возмущений для различных азимутальных мод ближнего поля струи. Однако в практических задачах часто имеют место случаи, когда столь подробная информация о пульсациях ближнего поля отсутствует: например, известны только суммарные уровни пульсаций (без разложения на азимутальные моды), создаваемые струей в отсутствие пластины, либо сама конфигурация «струя-крыло» достаточно существенно отличается от упрощенной модели с пластиной.

В данной работе проведено тестирование работоспособности модели предсказания шума взаимодействия струи и крыла, разработанной ранее авторами [6, 9], для различных типов входных данных: (1) когда известна полная информация о структуре поля пульсаций изолированной струи, (2) когда известны параметры суммарных пульсаций изолированной струи (без разложения на азимутальные моды) и (3) когда известны параметры суммарных пульсаций, создаваемых струей на пластине. Также исследован случай конфигурации с реальным крылом. Результаты предсказания по аналитической модели сравниваются с результатами экспериментов или численного моделирования.

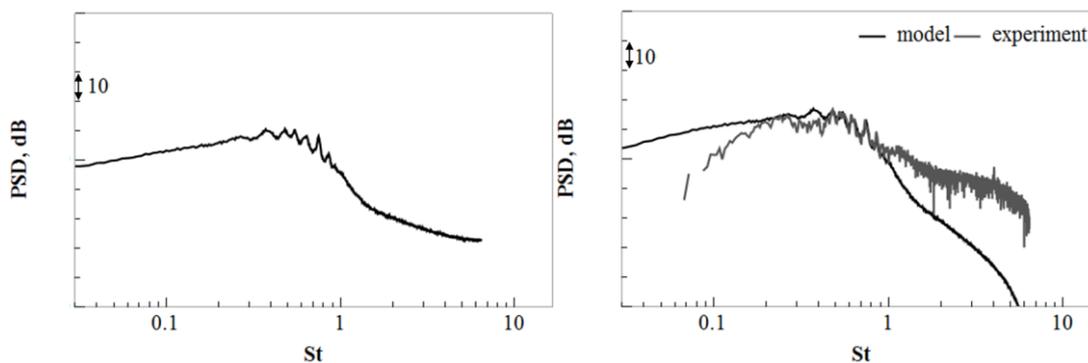


Рис. 1. Спектр пульсаций давления на задней кромке закрылка типичной маломасштабной модели крыла с закрылком и двухконтурного сопла, полученный в эксперименте (слева). Сравнение уровней шума в дальнем поле для наблюдателя под крылом, рассчитанных с помощью модели и полученных экспериментально (справа).

В результате показано, что при расположении задней кромки крыла/закрылка в ближнем поле струи, где доминируют азимутальные моды низкого порядка, разработанная модель позволяет в области низких и средних частот с достаточно высокой точностью предсказать основные характеристики (спектры, направленность) шума взаимодействия струи и крыла для всех типов входных данных, причем как для простой конфигурации «струя-пластина», так и для реалистичного механизированного крыла с двухконтурным соплом (рис. 1).

Модель может быть использована в качестве инженерного приложения на начальных этапах проектирования самолета для уточнения оценок шума на местности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-00430.

### Литература

1. *Mengle V.G.* The Effect of Nozzle-to-Wing Gully Height on Jet Flow Attachment to the Wing and Jet-Flap Interaction Noise // AIAA Paper 2011-2705, 2011.

2. *Kopiev V.F., Faranosov G.A., Zaytsev M.Yu., Vlasov E.V., Karavosov R.K., Belyaev I.V., Ostrikov N.N.* Intensification and suppression of jet noise sources in the vicinity of lifting surfaces // AIAA paper 2013-2284, 2013.

3. *Lawrence J.* Aeroacoustic Interactions of Installed Subsonic Round Jets // PhD thesis, Univ. of Southampton, 2014.

4. *Belyaev I.V., Zaytsev M.Yu., Kopiev V.F., Ostrikov N.N., Faranosov G.A.* Studying the effect of flap angle on the noise of interaction of a high-bypass jet with a swept wing in a co-flow // Acoustical Physics, v. 63, No. 6, 2017, pp. 14-25.

5. *Cavalieri A.V.G., Jordan P., Wolf W.R., Gervais Y.* Scattering of wavepackets by a flat plate in the vicinity of a turbulent jet // Journal of Sound and Vibration. v. 333, 2014, pp. 6516–6531.

6. *Bychkov O.P., Faranosov G.A.* On the Possible Mechanism of the Jet Noise Intensification Near a Wing // Acoustical Physics, v. 60, No. 6, 2014, pp. 633-646.

7. *Vera J., Self R.H., Kinganz M.J.* The prediction of the radiated pressure spectrum produced by jet-wing interaction // AIAA Paper 2015-2216, 2015.

8. *Lyu B., Dowling A.P., Naqavi I.* Prediction of installed jet noise // Journal of Fluid Mechanics, v. 811, 2017, pp. 234-268.

9. *Bychkov O.P., Faranosov G.A.* An Experimental Study and Theoretical Simulation of Jet-Wing Interaction Noise // Acoustical Physics, v. 64, No. 4, 2018, pp. 437-452.