

Теоретический подход к моделированию шума взаимодействия струи и крыла

О.П. Бычков^{1,2}, Г.А. Фараносов²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Центральный аэрогидродинамический институт

Как известно, в современных двигателях с высокой и сверхвысокой степенью двухконтурности шум взаимодействия струи и крыла (Jet-Flap Interaction), при близком расположении двигателя у крыла, превышает шум струи на величину порядка 10 дБ в области низких и средних частот и должен учитываться при оценке шума самолета на местности (см, например, [1-3]).

Для разработки методов снижения шума JFI необходимо понимание физических механизмов генерации дополнительного шума.

Вследствие того, что реальная конфигурация струя-крыло-закрылок достаточно сложна для теоретического моделирования, естественным является построение упрощенной модели, которая, с одной стороны, позволит получать аналитические решения, а с другой – сохранить основные физические процессы, характеризующие данное явление. В виду этого факта, большинство предложенных аналитических (или полуаналитических) моделей имеют дело не со взаимодействием струи и закрылка, а со взаимодействием струи и пластины [2,4-6]. Тем не менее, даже упрощенная модель может быть полезна с точки зрения анализа реальных конфигураций, для которых можно наблюдать схожие закономерности.

Известно (см, например, [7]), что ближнее поле струи для сравнительно низких частот может быть достаточно успешно смоделировано с помощью пакетов волн неустойчивости нулевой, первой и второй мод – это поле можно рассматривать как начальное возмущение, падающее на крыло (пластину). При этом, амплитуды волновых пакетов и их частотно-волновой спектр могут быть получены из данных эксперимента, численного моделирования или из анализа устойчивости.

В настоящей работе для моделирования взаимодействия струи и пластины сформулирована задача о рассеянии на полуплоскости заданного поля возмущений в виде осесимметричного волнового гауссовского пакета с параметрами, полученными из эксперимента. Задача была решена методом Винера-Хопфа с использованием двумерного метода перевала для получения асимптотической оценки акустического поля в дальней зоне. В целях последующей верификации было получено распределение источников, расположенных на оси струи, суммарное поле которых на цилиндрической поверхности было идентично начальному возмущению в виде осесимметричного волнового пакета. Распределение источников использовалось в дальнейшем для получения аналогичного решения с помощью свертки с функцией Грина для полуплоскости (в случае отсутствия спутного потока).

Было показано, что модель отображает основные тенденции в поведении шума JFI: удалось смоделировать, как и особый вид направленности дополнительного источника шума в виде “кардиоиды”, так и экспоненциальную зависимость уровня шума от расстояния между крылом и струей.

Работа выполнена при поддержке Министерства Образования и Науки Российской Федерации в рамках проекта ASPIRE №14.628.21.0006.

Литература

1. Huber J., Drochon G., Pintado-Peno A., Clero F., Bodard G. Large-scale jet noise testing, reduction and methods validation EXEJET: 1. Project overview and focus on installation, AIAA paper, 2014, AIAA-2014-3032.

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, AIAA-2013-2284.

3. *Belyaev I., Faranosov G., Ostrikov N., Pararin G.* A parametric experimental study of jet-flap interaction noise for a realistic small-scale swept wing model, AIAA Paper, 2015, AIAA 2015-2690.

4. *Cavalieri A.V.G., Jordan P., Gervais Y.* Scattering of wavepackets by a flat plate in the vicinity of a turbulent jet, AIAA paper, 2012, AIAA-2012-2156.

5. *Mayoral S., Papamoschou D.* Prediction of Jet Noise Shielding with Forward Flight Effects, AIAA Paper, 2013, AIAA 2013-0010.

6. *Bychkov O.P., Faranosov G.A.* On the Possible Mechanism of the Jet Noise Intensification Near a Wing // *Acoust. Phys.*, 2014, V. 60, N. 6, pp. 633-646.

7. *Jordan P., Colonius T.* Wave Packets and Turbulent Jet Noise // *Annual Review of Fluid Mechanics*, 2013, Vol. 45, pp. 173–195.