

**Расчет аэродинамики и шума турбулентных струй,
истекающих из двухконтурных сопел с нормальным и косым срезом,
на основе метода моделирования крупных вихрей**

М. Л. Шур, А. В. Гарбарук

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Несмотря на значительный объем исследований, направленных на поиск путей снижения шума выхлопных струй авиационных двигателей, данная составляющая шума авиалайнеров по-прежнему остается доминирующей на стадиях взлета и посадки. Отсутствие существенных достижений в этой области в значительной степени связано с отсутствием “теории” генерации и распространения звука, позволяющей получать достаточно надежную оценку шума без проведения крайне трудоемких экспериментов. В настоящее время расчет шума струй базируется в основном на эмпирических методах и теории подобия или, в лучшем случае, на решении стационарных уравнений Рейнольдса в сочетании с эмпирическими моделями источников звука. К сожалению, эмпирическая основа таких походов и свойственное им крайне упрощенное описание турбулентности, ответственной за генерацию шума, практически исключает их применение для оценки эффективности новых конструктивных решений, направленных на снижение шума выхлопных струй.

Указанные обстоятельства стимулировали появившиеся в последние годы попытки расчета шума турбулентных струй на основе более строгих, базирующихся на “первых принципах”, подходов. К их числу, в первую очередь, относится метод моделирования крупных вихрей (LES), являющийся единственным “разрешающим” турбулентность подходом, численная реализация которого возможна при представляющих практический интерес высоких числах Рейнольдса.

В работе [1] содержится подробное описание разрабатываемого ее авторами в течение последних пяти лет метода расчета шума струй, базирующегося на LES и интегральном методе Фокса-Уильямса / Хокинга (FWH) для определения шума в дальнем поле. Судя по полученным обнадеживающим результатам расчетов ряда одиночных круглых струй, разработанный в [1] подход весьма удачно сочетает в себе известные и новые вычислительные приемы, что создает предпосылки для его дальнейшего развития и применения для анализа более сложных ситуаций, в частности,

для расчета шума струй, истекающих из сопел сложной формы. Решению одной из таких задач и посвящена настоящая работа. В качестве конкретного объекта исследования выбраны двухконтурные сопла с косым срезом центрального сопла [2], которые, судя по экспериментальным данным [2], позволяют значительно снизить шум струи по сравнению с традиционными двухконтурными соплами. В связи с этим детальное изучение влияния скоса среза сопла на аэродинамические и акустические характеристики струи представляет непосредственный практический интерес. Кроме того, детальные измерения шума [2] представляют собой уникальную базу для объективной оценки возможностей разработанного вычислительного подхода.

В докладе кратко представлены численная модель, результаты проведенных исследований и их сопоставление с экспериментальными данными, демонстрирующее достаточную “зрелость” созданной вычислительной системы и возможность ее применения для оценки влияния конструктивных изменений сопел двигателей на шум выхлопных струй без привлечения какой-либо эмпирической информации. В качестве примера на рис.1 приведена мгновенная картина изолиний акустического давления, иллюстрирующая азимутальную неоднородность шума струй, истекающих из сопел с косым срезом, а на рис.2 – сравнение расчетной диаграммы направленности шума и его спектра для сопел с косым и прямым срезами с экспериментальными данными [2].

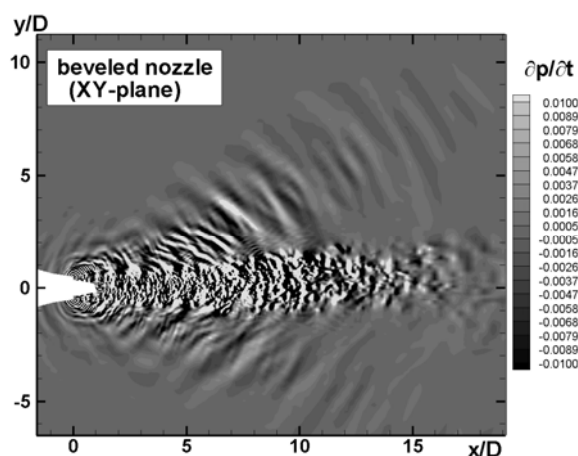


Рис.1.

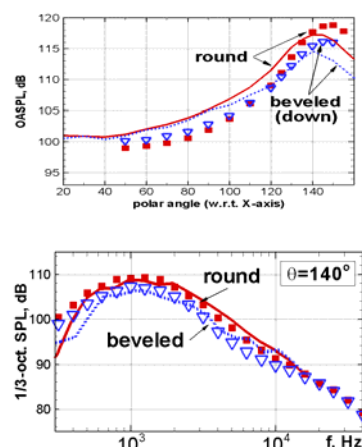


Рис.2.

1. Shur, M. L., Spalart, P. S., and Strelets, M., “Noise prediction for increasingly complex jets. Part I: Methods and Tests; Part II: Applications,” International J. of Aeroacoustics, Vol. 4, No. 3 and 4, 2005, pp. 213-266.
2. Viswanathan, K., “An Elegant Concept for Reduction of Jet Noise from Turbofan Engines,” AIAA Paper 2004-2975, 2004.