

**АКУСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
СПРЯМЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ВЕНТИЛЯТОРА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

©2016 К.Р. Пятунин<sup>1</sup>, Н.В. Архарова<sup>1</sup>, А.Е. Ремизов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-производственное объединение «Сатурн», г. Рыбинск

<sup>2</sup>Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьёва

**THE ACOUSTIC DESIGN OF OGV BASED ON MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION TECHNOLOGY**

Ryatunin K.R., Arharova N.V. (JSC “Saturn”, Rybinsk, Russian Federation)

Remizov A.E. (Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russian Federation)

*The work presents the technology of acoustic optimization of OGV for low-noise fan. The main objective of this work is the choice of calculation methods, formulation of the optimization problem, the choice of the objective function and the main constraints in acoustic design stage. Has been analyzed the possibility of using this method for acoustic design of turbomachine stage.*

В последние годы критически важным вопросом для авиационной промышленности стал вопрос воздействия авиационного шума на населённые пункты, расположенные вблизи аэропортов. Данный вопрос не может быть проигнорирован при дальнейшем увеличении авиаперевозок. Поэтому уменьшение воздействия шума будет частично опираться на развитие новых технологий, которые открывают перспективы сокращения источников авиационного шума в целом и шума двигателя как основного источника.

Увеличение степени двухконтурности авиационных двигателей привело к значительному снижению шума реактивной струи, при увеличении вклада турбомашин в общий уровень шума двигателя. В частности, одним из доминирующих источников шума в системе двигателя является вентилятор, который, как показывают исследования, будет оставаться важным источником шума и для следующего поколения ТРДД.

В этом контексте данное исследование посвящено поиску путей дальнейшего совершенствования вентиляторной ступени как источника тонального шума, вызываемого взаимодействием периодического поля возмущений от лопаток рабочего колеса с лопатками спрямляющего аппарата, расположенными ниже по потоку (ротор-статор взаимодействие). Дискретные тона, генерируемые этим нестационарным взаимодействием, наблюдаются на частотах следования лопаток рабочего колеса (BPF), и основных гармониках. Наибольший вклад в общий уровень шума эти тональные составляющие

имеют на режимах захода на посадку. Таким образом, снижение интенсивности данного источника позволит внести существенный вклад в направлении снижения общего уровня шума двигателя.

Исходя из этих соображений, целью настоящего исследования является разработка методики проектирования и оптимизации лопатки спрямляющего аппарата малозумного вентилятора с приемлемыми механическими и аэродинамическими свойствами, а также разработка новых критериев акустического проектирования, основанных на более глубоком понимании механизмов генерации шума. Основной задачей данной работы является выбор расчётных методик, постановка задачи оптимизации, выбор целевой функции и основных ограничений при акустическом проектировании ступени.

**Библиографический список**

1. Августинович В.Г., Шмотин Ю.Н. и др. Численное моделирование нестационарных явлений в газотурбинных двигателях. – М.: Машиностроение, 2005. 536 с.
2. Giles M.B. Calculation of of Unsteady Wake Rotor Interaction // AIAA Journal of Propulsion and Power. 1988. Vol. 4. P. 356-362.
3. Noise and vibration control in vehicles. / Edited by M. J. Crocker and N. I. Ivanov. St. Petersburg: Politekhnik, 1993.
4. Tournour M., Hachemi E., Read Z., Barone A.F. Investigation of The Tonal Noise Radiated By Subsonic Fans Using The Aeroacoustic Analogy, Proceedings of Fan Noise Symposium, CETIM Senlis, 2003.

5. Reese H., Carolus T., Axial fan noise: towards sound prediction based on numerical unsteady flow data – a case study, Euronoise, Paris, 2008.

6. Maaloum A., Koudri S., Rey R., Aeroacoustic Performance Evaluation of Axial Flow Fans Based on the Unsteady Pressure Field on the Blade Surface, Applied Acoustics, Vol. 65, 2004. P. 367-384.

7. Périé F. Recent Developments in Acoustic Analysis, Convex Conference, Detroit, June 5-7, 1995.

8. Kuzmenko M.L., Egorov I.N., Shmotin Yu.N., Fedechkin K.S. Optimization of the Gas Turbine Engine Parts Using Method of the Numerical Optimization // Conference ASME Turbo Expo 2007, GT-2007-28205. Barcelona, Spain, May, 2007.

УДК 62-762.001.5

## О ПРЕДСТАВЛЕНИИ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА МР И ЕГО РАСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

©2016 А.М. Жижкин, Г.В. Лазуткин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва

### ON THE STRUCTURE OF MR MATERIAL AND ITS FLOW CHARACTERISTICS

Zhizhkin A.M., Lazutkin G. V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The paper presents an idea of a structure of a porous material. In flow equations the hydraulic diameter has been taken equal to a distribution of pores over the dimensions.*

Существующие представления пористого материала МР в гидродинамических уравнениях гидравлическим (средним) диаметром недостаточно полно представляют его структуру [1].

Экспериментальные исследования структуры материала МР статистическим методом непосредственного наблюдения показали, что на средний диаметр пористой среды существенное влияние оказывает минимальный геометрический размер пористой конструкции –  $\delta_\phi$ . Особенно это заметно при условии, когда отношение  $\delta_\phi$  к диаметру спирали  $D_c$ , из которой изготовлена конструкция, меньше 1 ( $\delta_\phi / D_c < 1$ ). Поэтому представляется целесообразным выделить такой тип изделий в класс тонкостенных пористых конструкций из материала МР.

Исследования структуры МР показали её большую неоднородность. Причём расположение элементов твёрдой фазы однозначно связано с параметром плотности распределения пор по размерам  $\alpha$  ( $\alpha = D/d_c^2$ , где  $D$  – дисперсия, а  $d_c$  – средний диаметр). Поэтому безразмерный параметр  $\alpha$  можно использовать

как характеристику степени неоднородности макроструктуры материала МР и других пористых сред.

Неоднородность поровой структуры может изменяться от её полного отсутствия ( $\alpha \rightarrow \infty$ ) (идеальная пористая среда) до масштаба, соизмеримого с геометрическими размерами элемента ( $\alpha \rightarrow 0$ ).

По данным экспериментальных исследований поровой структуры конструкций из материала МР безразмерный параметр  $\alpha$  может принимать значения от 0,6 до 3,6.

Следовательно, для сравнения пористых сред и оценки влияния их структур на процессы массопереноса необходима масштабная характеристика порового объема, – средний диаметр пор  $d_c$  и параметр  $\alpha$ .

Доказывается, что структуру пористой конструкции из МР в гидравлических уравнениях однозначно представляется эффективным гидравлическим диаметром, полученным с учётом безразмерного параметра  $\alpha$ .

Получены зависимости для определения гидравлических потерь в конструкциях