

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВОРОТНОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА ВЕНТИЛЯТОРА В ПЕРСПЕКТИВНОМ ТРДД СО СВЕРХВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ДВУХКОНТУРНОСТИ

Горюхин М.О., Михайлов А.Е., Михайлова А.Б., Еременко В.В., Красноперов Д.Г.  
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, [terrorable2@yandex.com](mailto:terrorable2@yandex.com)

*Ключевые слова:* вентилятор с изменяемым углом установки, реверс тяги.

ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности и турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД) с закапотированным винтовентилятором (ВВ) в настоящее время находятся на стадии проектных проработок, изготовления и испытания опытных и демонстрационных образцов. Применение данного типа газотурбинного двигателя (ГТД) в ближайшей перспективе на магистральных пассажирских самолетах более вероятно при условии решения технических и технологических проблем создания надежных и высокоресурсных редукторов и механизмов поворота лопастей ВВ, наличия благоприятной рыночной конъюнктуры и в том числе преодоления психологического барьера эксплуатантов по отношению к редукторным двигателям [1-2].

Геометрия вентилятора была получена из предварительного проектирования, учитывая оптимальные значения по критериям коэффициентам расхода и напора по диаграмме *Hall* с учетом ограничений по лобовой производительности вентилятора. Выбрана оптимальная точка по прогнозируемому КПД ( $\bar{c}_{a1}, \bar{H}_{t1} \rightarrow optimum$ ), где обеспечиваются параметры:  $\bar{G}_{K1} = 0,7$ ;  $u_{K1} = 390 \frac{M}{c}$  ( $\lambda_{w1K} = 1,3$ );  $\lambda_1 = 0,6$ ;  $\bar{d}_{BT1} = 0,37$ .

Варьирование противодавления (повышение) позволяет получить напорную и КПД характеристики РК на различных частотах (105, 100, 90, 70 и 40%) и углах установки  $\Delta\gamma = 0^\circ, 10^\circ$  и  $-10^\circ$  (рис. 1). Численную оценку по запасу ГДУ РК вентилятора можно провести с помощью коэффициента запаса устойчивой работы  $\Delta K = (K_y - 1) \cdot 100\%$ , где  $K_y = (\pi_{PKr}^* / G_{Впр r}) / (\pi_{PKp}^* / G_{Впр p})$  – коэффициент устойчивости вентилятора.

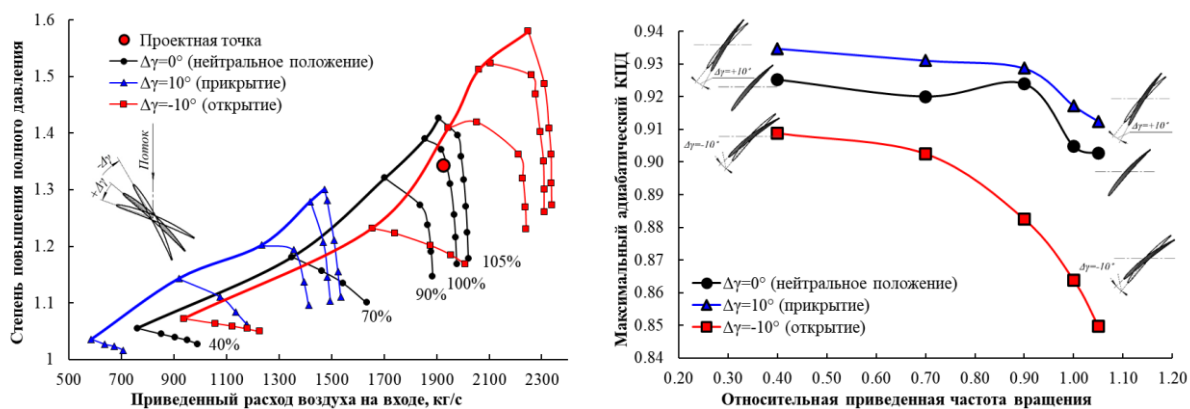


Рисунок 1 – Характеристики вентилятора

Рекомендации выбора угла установки для режимов полета можно сформировать по определенной программе управления для поддержания необходимого уровня запасов по ГДУ в ходе эксплуатации двигателя (рис. 2).

Углы установки РЛ вентилятора можно регулировать для достижения необходимых значений по тяге при работе на различных режимах. В источнике [3] приводится условная зависимость для нахождения необходимого значения тяги реверса  $P_{rev} \geq 0,2P_{взл} \sim 69$  кН, что соответствует открытому положению вентилятора на  $\Delta\gamma = -75^\circ$ .

Можно заключить, что на низких частотах используется закрытое положение угла установки (во время взлета и посадки), тогда как раскрытое положение – для высокоскоростного крейсерского полета. Это связано с тем, что эффективный угол атаки

лопатки уменьшается с увеличением скорости полета. По мере увеличения скорости полета увеличивается раскрытие угла установки, чтобы оптимальный эффективный угол атаки оставался постоянным.

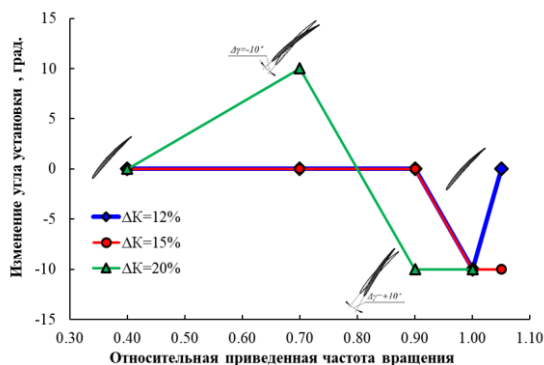


Рисунок 2 – Программы регулирования углов установки вентилятора

Таким образом, технология создания вентилятора с переменным углом установки является перспективной и для ГТД гражданской авиации и может гарантировать увеличенный диапазон устойчивой работы вентилятора на различных рабочих режимах работы. Также данная технология позволяет избавиться от необходимости применения стандартной конструкции реверса тяги.

### Список литературы

1. Kurzke J. Fundamental differences between conventional and geared turbofans //Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air. – 2009. – Т. 48821. – С. 145-153.
2. Whurr J. Future Civil Aeroengine Architectures & Technologies //Rolls-Royce Future Programmes Report; Rolls-Royce PLC: Derby, UK. – 2013.
3. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели: учебник для вузов в 5-ти томах. – 2008.

### Сведения об авторах

Горюхин М.О., инженер ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в малоразмерных ГТД, процессы теплообмена.

Михайлов А.Е., канд. техн. наук, с.н.с. ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы ГТД на установившихся и неуставившихся режимах работы.

Михайлова А.Б., канд. техн. наук, с.н.с. ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в турбомашинах.

Еременко В.В., оператор ЭВ и ВМ ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в малоразмерных ГТД, процессы теплообмена.

Красноперов Д.Г., инженер ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в малоразмерных ГТД, процессы теплообмена.

## INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF VARIABLE PITCH ANGLE FAN IN AN ADVANCED ULTRA-HIGH-BYPASS TURBOFAN

Goryukhin M.O., Mikhaylov A.E., Mikhaylova A.B., Eremenko V.V., Krasnoperov D.G.  
University of Science and Technology, Ufa, Russia, terrorable2@yandex.com

*Keywords: variable pitch angle fan, thrust reverser*

The object of the research is a variable pitch angle fan for an advanced high-bypass geared turbofan engine. The fan impeller design has been formed, the fan has been simulated at different pitch angle in ANSYS CFX. The possibility of reversing the engine thrust by turning the fan blades is revealed.