

Streszczenie pracy doktorskiej

Mgr inż. Marcin Michalczyk

„Modyfikacja wirów zaśmigłowych i ich wpływ na ciąg zespołu wentylatora otunelowanego”

Promotor: dr hab. inż. Krzysztof Szafran
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa w Warszawie

Promotor pomocniczy: dr inż. Adam Dziubiński
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa w Warszawie

Pracę wykonano w: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa w Warszawie

Celem pracy było analityczne zbadanie wpływu zmiany kształtu szczeliny nad łopata wirnika wentylatora na jego osiągi w locie. W klasycznym wentylatorze nad końcówką łopaty wirnika znajduje się szczelina, której kształt i rozmiar wpływają na generację wirów zaśmigłowych, które z kolei wytwarzają straty aerodynamiczne, pogarszając osiągi takiego układu napędowego. W pracy zaprezentowano alternatywny sposób łożyskowania wirnika, który pozwala wyeliminować szczelinę znajdującą się bezpośrednio nad wierzchołkiem łopaty.

Realizację badania rozpoczęto od porównania wyników trójwymiarowej analizy CFD klasycznego wentylatora oraz zaproponowanej alternatywnej konstrukcji. Po uzyskaniu obiecujących wyników pokrywających się przewidywaniami przystąpiono do kolejnego etapu pracy.

W kolejnym etapie pracy zbudowano dwuwymiarowe modele CFD klasycznego wentylatora oraz konstrukcji bez szczeliny nad wierzchołkiem łopaty wirnika. Skomplikowany trójwymiarowy rozkład ciśnienia w bezpośrednim obszarze wirnika sprowadzono do różnicy ciśnienia w funkcji promienia wirnika. Prędkość obwodową powietrza indukowaną przez łopate wirnika również uwzględniono w modelach dwuwymiarowych jako średnią arytmetyczną wartości odczytanych z punktów kontrolnych modelu 3D CFD umiejscowionych wzdłuż promienia łopaty wirnika.

Po zadowalającym skorelowaniu wyników modeli dwuwymiarowych z tymi uzyskanymi z modeli 3D przystąpiono do dokładniejszego zbadania kształtu szczelin oraz kąta natarcia otunelowania na osiągi zaproponowanego w pracy wentylatora. Wyeliminowanie szczeliny nad wierzchołkiem łopaty uzyskano za pomocą pierścienia na zewnętrznej średnicy wirnika. Pierścień ten obraca się razem z łopatami wewnątrz otunelowania przez co szczelinę bezpośrednio nad łopatami wirnika zastąpiono dwoma szczelinami w pewnej odległości od krawędzi natarcia oraz krawędzi spływu łopaty. Za pomocą dwuwymiarowych modeli CFD możliwe było zbadanie jak położenie tych szczelin oraz kąt natarcia otunelowania wpływają na wartość ciągu generowanego przez wentylator.

Znając najbardziej korzystne rozmieszczenie szczelin oraz kąt natarcia otunelowania zbudowano trójwymiarowy model CFD dla tej konfiguracji wentylatora co pozwoliło dokładnie zbadać trójwymiarowe zjawiska aerodynamiczne takie jak rozkład ciśnienia w bezpośredniej okolicy łopat wirnika oraz szczelin jak i kształt wirów generowanych na szczelinach.

W pracy skupiono się na zbadaniu jak zaproponowana konstrukcja wentylatora wpływa na generowany ciąg. Przedstawiono zalety oraz wady takiego rozwiązania. Praca nie zawiera jednak szczegółowej analizy rozwiązań mechanicznych oraz wpływu jaki zaproponowana konstrukcja może mieć na redukcję hałasu generowanego przez taki zespół napędowy.

The aim of this work was to analytically investigate the effect of rotor tip clearance shape change on ducted fan flight performance. In a classical ducted fan, there is a gap above rotor tip, the shape and size of each affects the generation of vortices, which in turn generate aerodynamic losses, worsening the performance of such a drive unit. This paper presents an alternative method of rotor bearing, which allows to eliminate the gap located directly above the blade tip.

The study began with a comparison of the results of the three-dimensional CFD analysis of a classic ducted fan and the proposed alternative design. After obtaining promising results, matching the expectations, the next stage of work was started.

In the next stage of work, two-dimensional CFD models of a classic ducted fan and a structure without a blade tip gap were built. The complicated three-dimensional pressure distribution in the immediate area of the rotor has been reduced to the pressure difference as a function of the rotor radius. The meridional air velocity induced by the rotor blade was also included in the two-dimensional models as the arithmetic mean of the values read from 3D CFD model control points located along the rotor blade span.

When the results of two-dimensional models were correlated satisfactorily with those obtained from 3D models, a more detailed examination of the shape of the gaps and the angle of attack of the duct on performance was started. The gap above the blade tip was eliminated by means of a shroud on the outer diameter of the rotor. This ring rotates together with the rotor inside the duct, so that the slot directly above the rotor blades is replaced with two slots at some distance from the leading and trailing edges of the blade. Using two-dimensional CFD models, it was possible to investigate how the position of these slots and the angle of attack of the duct affects the value of the thrust generated by the fan.

Knowing the most favourable location of rotor slots and the angle of attack of the duct, a three-dimensional CFD model was built for this fan configuration, which allowed for a detailed study of three-dimensional aerodynamic phenomena such as pressure distribution in the immediate vicinity of the rotor blades and the slots as well as the shape of vortices generated on the slots.

The study focuses on examining how the proposed ducted fan design affects the generated thrust. The advantages and disadvantages of such a solution are presented. The work, however, does not contain a detailed analysis of mechanical solutions and the impact that the proposed design may have on the reduction of noise generated by such a drive unit.