

ANALIZA AERODYNAMICZNA WŁASNOŚCI ŚMIGŁOWCA Z UWZGLĘDNIENIEM NADMUCHU WIRNIKA NOŚNEGO

KATARZYNA GRZEGORCZYK

Instytut Lotnictwa

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki symulacji opływu modelu śmigłowca z uwzględnieniem pracy wirnika nośnego. Trójwymiarowe obliczenia wykonano za pomocą programu FLUENT. Wirnik nośny modelowano za pomocą modułu Virtual Blade Model (VBM). Na podstawie przeprowadzonych obliczeń dla dwóch wersji modelu śmigłowca w warunkach lotu poziomego wyznaczono stacjonarne charakterystyki aerodynamiczne.

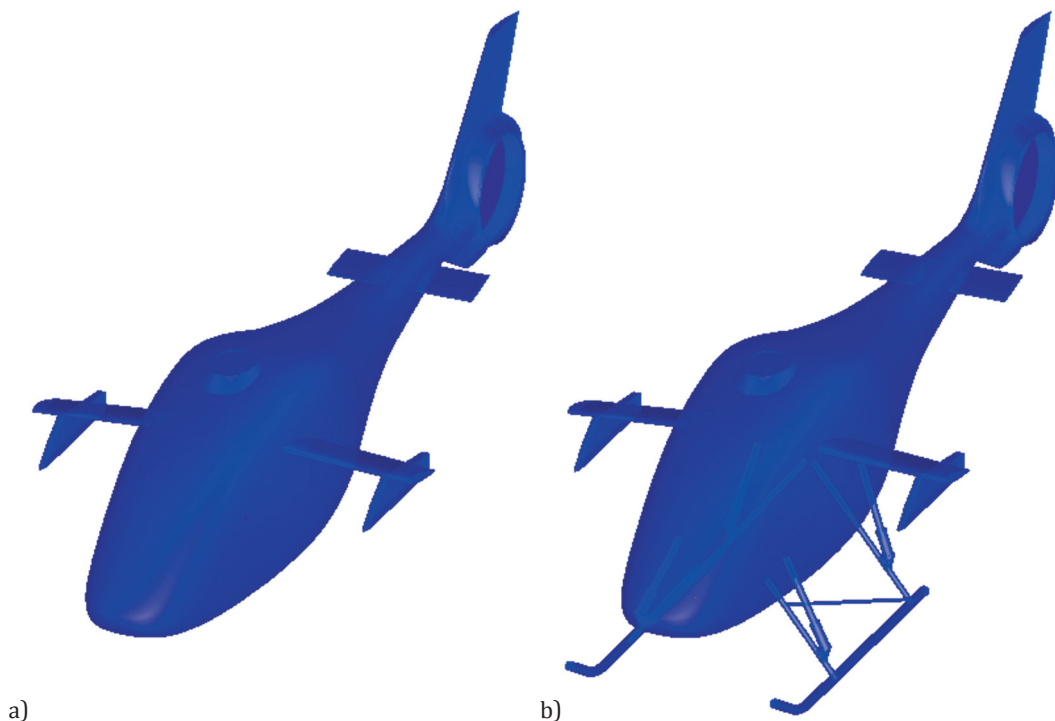
1. WPROWADZENIE

Ze względu na swoje unikalne cechy śmigłowce wykorzystywane są do różnorodnych zadań na całym świecie. Dlatego też szeroko prowadzone są badania eksperymentalne i symulacje numeryczne dotyczące tych statków powietrznych. Wraz z rozwojem narzędzi do projektowania i symulacji obliczeniowych wzrasta możliwość optymalizacji współczesnych obiektów latających [1], [2], [3]. Obecnie coraz większą rolę odgrywają analizy numeryczne, które są tańsze i często umożliwiają uzyskanie danych trudno osiągalnych w badaniach eksperymentalnych.

Badania obliczeniowe własności aerodynamicznych studialnej geometrii śmigłowca były przedmiotem prac prezentowanych w [4] i [5]. W [4] skoncentrowano się na analizie opływu izolowanego kadłuba śmigłowca oraz określeniu wpływu zewnętrznych podwieszów na jego własności aerodynamiczne. W [5] przedstawiono wyniki badań parametrów aerodynamicznych kadłuba z symulacją pracy wirnika nośnego. Analizy ograniczyły się do zawisu oraz warunków przelotowych. Nie obejmowały one jednak wyznaczenia charakterystyk aerodynamicznych.

Tematem niniejszej pracy jest wyznaczenie charakterystyk aerodynamicznych sił i momentów działających na kadłub śmigłowca z symulacją nadmuchu wirnika nośnego w warunkach lotu z prędkością postępową. Przedmiotem analiz obliczeniowych jest geometria śmigłowca w dwóch konfiguracjach (rys. 1).

W pierwszej części opracowania przedstawiono opis wykorzystanej metody numerycznej oraz zdefiniowano warunków obliczeń. Następnie zaprezentowano wyniki analiz w postaci charakterystyk globalnych współczynników aerodynamicznych. Na końcu sformułowano wnioski.



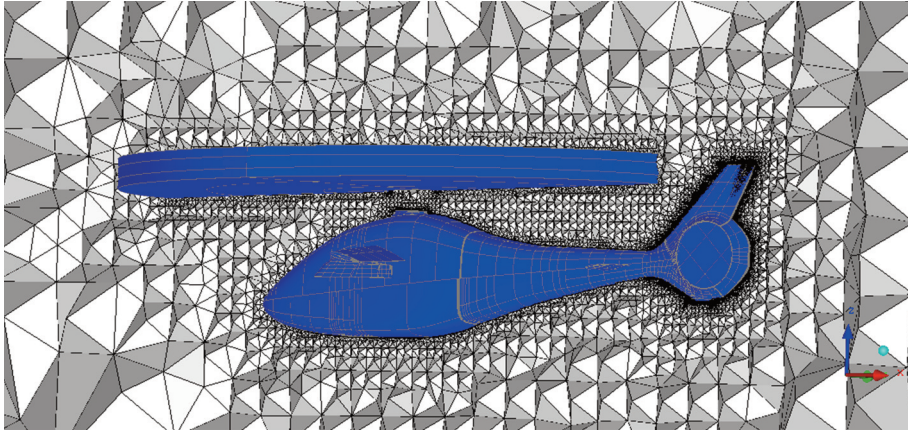
Rys. 1. Modele geometryczne śmigłowca
a) wersja śmigłowca bez podwozia, b) wersja śmigłowca z podwoziem

2. WARUNKI OBLICZEŃ

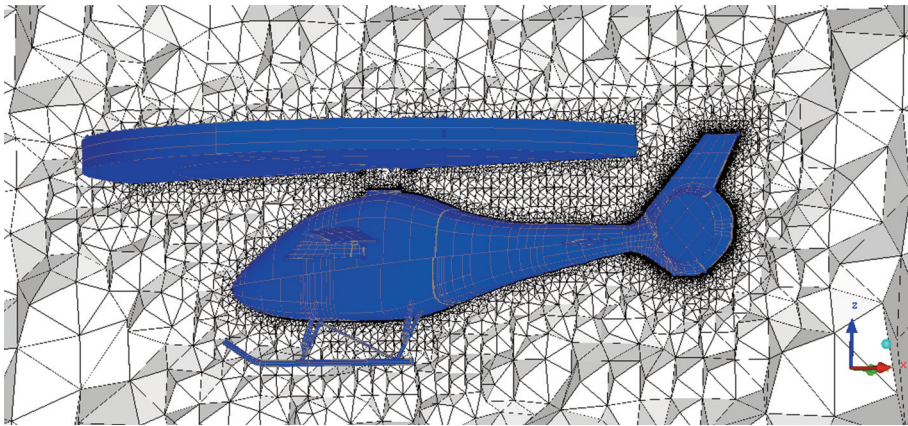
Analizę aerodynamiczną sił i momentów działających na kadłub śmigłowca w dwóch rozpatrywanych konfiguracjach wykonano przy użyciu programu FLUENT, stanowiącego obecnie część pakietu ANSYS. Do odwzorowania pracy wirnika nośnego wykorzystano dodatkowy moduł VBM (tzw. Model Wirtualnej Łopaty). W module tym wykorzystując teorię elementu łopaty [6] wyznaczane są siły i momenty działające na elementarny wycinek łopaty o szerokości dR . Całkowanie sił i momentów cząstkowych od poszczególnych elementów łopaty pozwala na uzyskanie wartości sił i momentów oddziałujących na cały wirnik. Na tej podstawie obliczany jest przyrost pędu generowany przez dany element w komórkach siatki obliczeniowej zawierających powierzchnie wirowania wirnika. Główną zaletą modelu VBM jest brak konieczności odwzorowywania układu wirnika w postaci łopat (co jest niezbędne w bardziej złożonych metodach wykorzystywanych do modelowania wirników jak: SRF/MRF, SMM [7]). Wpływa to na zmniejszenie liczby komórek siatki oraz skrócenie czasu dyskretyzacji i obliczeń. Co prawda, VBM pomija wpływ elastyczności łopat, aczkolwiek pozwala na nadanie wirnikowi jego cech charakterystycznych, min.: liczba i kształt łopat, typ profilu wzdłuż rozpiętości, skrócenie łopat, przestrzenna orientacja wirnika, prędkość obrotowa wirnika, skok ogólny, skok cykliczny. Dane wejściowe stanowią również charakterystyki aerodynamiczne profili w funkcji liczby Macha i liczby Reynoldsa.

Bryła śmigłowca użyta do obliczeń została wykonana w programie CATIA i jej wersja podstawowa składała się z: kadłuba, belki ogonowej, płozy, uproszczonej głowicy wirnika nośnego i śmigła ogonowego, skrzydeł z pylonami, statecznika poziomego, statecznika pionowego.

W skład wersji rozszerzonej wchodzi wersja podstawowa uzupełniona o podwozie płozowe. Niestrukuralna siatka w obszarze obliczeniowym otaczającym bryłę śmigłowca wykonana została za pomocą programu ICEM CFD [8]. Wirnik nośny odwzorowano za pomocą walca o małej grubości, którego mesh wykonany w programie GAMBIT składał się z elementów hexahedralnych. Na rys. 2 oraz rys. 3 przedstawiono grid w płaszczyźnie symetrii wokół bryły śmigłowca dla obu przebadanych wersji.



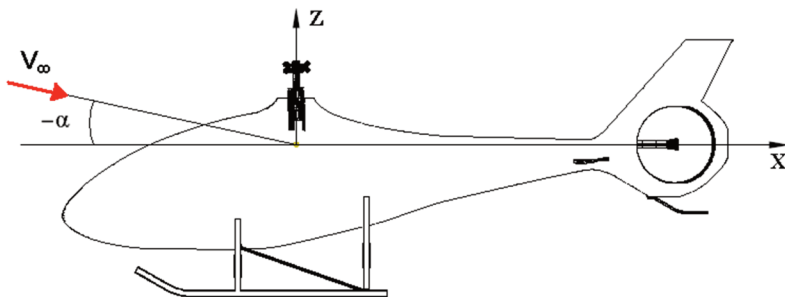
Rys. 2. Siatka obliczeniowa w płaszczyźnie symetrii w otoczeniu bryły śmigłowca w wersji podstawowej



Rys. 3. Siatka obliczeniowa w płaszczyźnie symetrii w otoczeniu bryły śmigłowca w wersji rozszerzonej

Trójwymiarowe symulacje opływu śmigłowca z pracującym wirnikiem wykonano przy użyciu modelu przepływu turbulentnego Spalarta-Allamarasa. Zagadnienie rozwiązano jako stan ustalony. Przepływ potraktowano jako nieściśliwy. Wszystkie obliczenia przeprowadzono w warunkach atmosfery wzorcowej dla lotu śmigłowca z prędkością postępową 50 m/s. Badania prowadzono dla wybranych kątów natarcia.

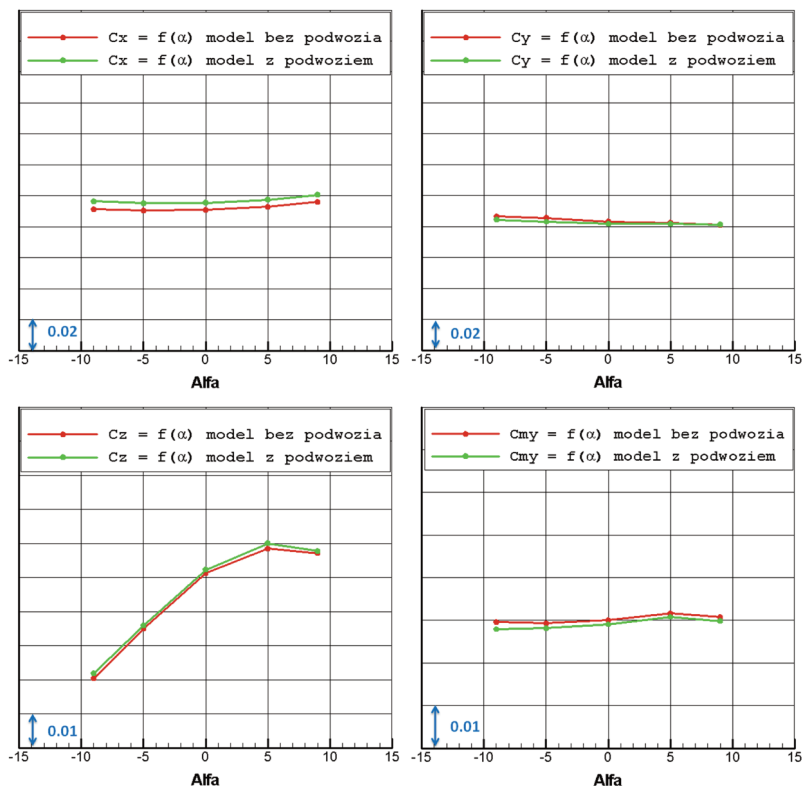
W przyjętym do obliczeń układzie odniesienia punkt przecięcia osi wału wirnika nośnego z osią wału śmigła ogonowego stanowił początek układu współrzędnych [9]. Ujemne kąty natarcia odpowiadają położeniu śmigłowca z nosem pochylonym w dół (rys. 4).



Rys. 4. Układ współrzędnych użyty do obliczeń

3. WYNIKI OBLICZEŃ

Symulacje wykonano w warunkach lotu śmigłowca z prędkością postępową w zakresie kątów natarcia od -9° do 9° dla warunków atmosfery wzorcowej na wysokości $H = 0$ [m] n.p.m. bez uwzględniania efektu ziemi. Ustawienie kąta skoku ogólnego odpowiada założeniu, iż siła ciągu w przybliżeniu jest równa ciężarowi. Każdorazowo wynikiem przeprowadzonych symulacji było pole przepływu wokół śmigłowca. Całkując rozkłady ciśnienia statycznego na powierzchni obiektu wyznaczono siły i momenty działające na badany obiekt. Na rysunku 5 przedstawiono charakterystyki aerodynamiczne badanych wersji śmigłowca.



Rys. 5. Przebieg współczynników sił i momentów aerodynamicznych w funkcji kąta natarcia dla dwóch wersji śmigłowca z symulacją pracy wirnika nośnego

Wynika z nich, iż dodanie do konfiguracji bazowej podwozia powoduje:

- wzrost siły oporu całej konfiguracji przyrost współczynnika oporu c_x jest stały (niezależny od kąta natarcia) i w przybliżeniu wynosi 0,005;
- nieznaczny, niezależny od kąta natarcia wzrost współczynnika momentu pochyłającego c_{my} wynoszący w przybliżeniu 0,0015.

Wpływ podwozia na siłę nośną oraz siłę boczną jest niewielki.

4. WNIOSKI

Dzięki ciągłemu rozwojowi metod i technik numerycznych wzrasta możliwość analizy i optymalizacji konstrukcji lotniczych na etapie projektowania. Symulacje komputerowe, w tym obliczenia CFD, dają możliwość przebadania większej liczby przypadków obliczeniowych w krótszym czasie niż ma to miejsce w przypadku badań eksperymentalnych.

Korzystając z możliwości przez nie oferowane w pracy wykonano analizę opływu dwóch konfiguracji śmigłowca z uwzględnieniem nadmuchu wirnika nośnego. Obliczenia przeprowadzono dla kilku kątów natarcia w warunkach lotu postępowego. Otrzymane wyniki pozwoliły na wyznaczenie charakterystyk aerodynamicznych badanych konfiguracji. Porównanie ich charakterystyk aerodynamicznych umożliwiło ocenę wpływu podwozia na charakterystyki aerodynamiczne. Wpływ ten najbardziej uwidacznia się w przyroście siły oporu. Przyrost ten jest w przybliżeniu stały w stałym zakresie badanych kątów natarcia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Stalewski W., Żółtak J.: *Multi-objective and Multidisciplinary Optimization of Wing for Small Aircraft*, CEAS 2011 Air and Space Conference, Venice, 24-28 October 2011.
- [2] Stalewski W., Żółtak J.: *Multi-Criteria Design and Optimization of Helicopter Fuselage*, EUROGEN 2011 Conference, Capua, 14-16 September 2011.
- [3] Czechyrza T., Kania W., Stalewski W., Żółtak J.: *Projekt aerodynamiczny studialnego wirnika nośnego śmigłowca w oparciu o nowoczesne profile śmigłowcowe*, Prace Instytutu Lotnictwa, nr 194-195.
- [4] Grzegorzczak K., Dziubiński A.: *Study of the Influence of Helicopter's External Components on the Aerodynamic Characteristics*, Prace Instytutu Lotnictwa, nr 218, Warszawa, 2011.
- [5] Zalewski W., Stalewski W., Żółtak J.: *Numerical Study of Helicopter Fuselage Aerodynamic Characteristics with Influence of Main Rotor*, Prace Instytutu Lotnictwa, nr 218, Warszawa, 2011.
- [6] Bukowski J., Łucjanek W.: *Napęd śmigłowy. Teoria i konstrukcja*, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa, 1986.
- [7] *FLUENT 6.1 User's Guide*, Fluent Inc., February 2003.
- [8] *ANSYS ICEM CFD 11.0 Tutorial Manual*, 2007.
- [9] Czechyrza T.: *Sprawozdanie nr 2/RA/81/B: Pomiar współczynników aerodynamicznych na modelu kadłuba śmigłowca z nadmuchem wirnika*, Warszawa, 1981.

KATARZYNA GRZEGORCZYK

AN AERODYNAMIC ANALYSIS OF THE HELICOPTER INCLUDING MAIN ROTOR DOWNWASH

Abstract

The paper presents results from simulations of flow around a model helicopter including main rotor effects. Three-dimensional calculations were performed using FLUENT. The rotor was modeled by using the Virtual Blade Model (VBM). On the basis of calculations for two versions of a model helicopter operating in forward flight conditions the steady aerodynamic characteristics were created.

Pracę wykonano w ramach realizacji projektu Nr O R00 0048 08 Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego