

WPŁYW TURBULENCJI WYWOŁANEJ PRZEZ WIRNIK ŚMIGŁOWCA MI-8 NA MOŻLIWOŚĆ STARTU I LĄDOWANIA STATKU UAV NA JEGO POKŁADZIE

MATEUSZ KANIA, KAMIL SOBCZAK

Institut Lotnictwa

Streszczenie

W publikacji przedstawiono wyniki analiz ukazujących wpływ turbulencji wywołanej przez wirnik nośny śmigłowca Mi-8, na możliwość startu i lądowania statku UAV na jego pokładzie. Wyznaczono warunki optymalne na wykonanie operacji pojęcia statku bezzałogowego oraz przedstawiono mapy prędkości i linie prądu obrazujące turbulencję w okolicy luku ładunkowego śmigłowca. Obliczenia wykonane zostały za pomocą narzędzia Ansys Fluent.

1. WSTĘP

Celem tej publikacji jest przedstawienie możliwości podjęcia oraz startu bezzałogowego statku latającego (ang. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) z pokładu ciężkiego śmigłowca Mi-8. Przeanalizowano różne stany lotu śmigłowca oraz wskazano najbardziej optymalny dla próby wykonania tej operacji. Analizy przeprowadzone zostały przy użyciu oprogramowania CFD, ANSYS FLUENT. Przedstawione wyniki są pierwszym przybliżeniem problemu.

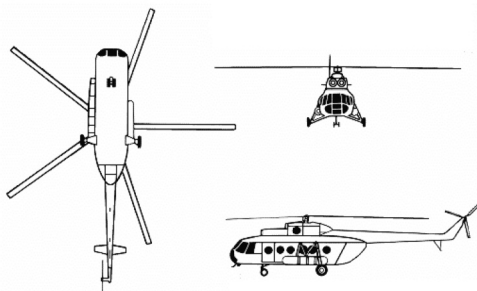
2. OBIEKTY ROZWAŻAŃ

Bezzałogowe statki latające na współczesnym polu walki stanowią istotny element działań wojskowych zarówno w sferze logistyki, pozyskiwania informacji wywiadowczych, czy precyzyjnych ataków. Statki te wyposażane są zazwyczaj w osprzęt służący do obserwacji w postaci głowic optoelektronicznych i w większości przypadków są nieuzbrojone. Maszyny te stosuje się również z powodzeniem w badaniach naukowych. Szczególną rolę odgrywają w monitorowaniu obszarów podbiegunowych, gdzie wykonują pomiary grubości warstwy ozonowej, zliczają populacje fok, tworzą mapy zbiorników wody spływającej podczas roztopów, mierzą grubość lodu, badają zanieczyszczenia atmosfery, przepływ aerozoli nad Oceanem Spokojnym i wiele innych. Również kraje, w których większą część państwa pokrywa las tropikalny wykorzystują te obiekty do patrolowania lub ochrony granic państwa. Jednak krótkotrwałość lotu tego typu maszyn, szczególnie jeśli chodzi o wiropląty, skłania do poszukiwań możliwości wydłużenia ich czasu dolotu i powrotu z obszaru działania.

Rozwiązaniem mogą być śmigłowce ciężkie, które zdolne są do przenoszenia ciężkich ładunków zarówno wewnątrz kadłuba jak również na podwieszeniu i właśnie poza swoją podstawową funkcją transportu, mogą również służyć jako platformy startowe dla statków powietrznych typu UAV. W szczególności dla bezzałogowych bojowych statków powietrznych (ang. Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV)). Dzięki temu zwiększają ich zasięg operacyjny oraz dają możliwość zbadania obszarów szczególnie niebezpiecznych dla załogi śmigłowców, jak obszary skażone, czy terytorium wroga.

Analizie możliwości startu i lądowania UAV z pokładu śmigłowca poddano śmigłowiec Mi-8 (rys. 1). Jest to radziecki wielozadaniowy śmigłowiec z lat sześćdziesiątych zaprojektowany w biurze konstrukcyjnym Michaiła Miła i z sukcesami produkowany do dzisiaj. Różne wersje tego śmigłowca otrzymywały również oznaczenia Mi-9, Mi-17, Mi-18, Mi-19, Mi-171 i Mi-172. W Polsce ten typ śmigłowca używany jest głównie przez Siły Zbrojne Rzeczypospolitej Polskiej. W wersji transportowej do służby trafiły głównie modele Mi-8T, Mi-8MTW-1 i Mi-17.

Podstawowe dane techniczne śmigłowca Mi-8	
Wymiary	
Średnica wirnika	21,91 m
Długość	25,28 m
Długość kadłuba	18,2 m
Wysokość	5,56 m
Masa	
Własna	6990 kg
Użyteczna	11100 kg
Startowa	12000 kg
Osiągi	
Prędkość maksymalna	250 km/h
Prędkość ekonomiczna	225 km/h
Pułap	4500 m
Zasięg	450 km



Rys. 1. Podstawowe dane śmigłowca Mi-8

3. ZAŁOŻENIA MODELU

Prędkość indukowana Mi-8 przy masie startowej 12000 kg wynosi około 12 m/s. Tak silna prędkość oraz zaburzenia generowane przez wirnik nośny uniemożliwiają przeprowadzenie operacji pojęcia statku bezzałogowego podczas zawisu. Dlatego zasadnym jest opracowanie procedur lotu (trajektorii), przy których będzie możliwe sterowanie w wirze podwirykowym śmigłowca. Interesującą strefą jest w tym przypadku rampa ładunkowa umieszczona pod belką ogonową, z której możliwe byłoby podjęcie lub start aparatu bezzałogowego (rys. 2).



Rys. 2. Rodzaje drzwi do powierzchni ładunkowych śmigłowca Mi-8

Ze względu na to iż w polskiej armii śmigłowce Mi-8 posiadają drzwi otwierane na boki, analizie poddano śmigłowiec z usuniętymi tylnymi drzwiami w celu łatwiejszego dostępu do luku ładunkowego jak na rysunku 3.

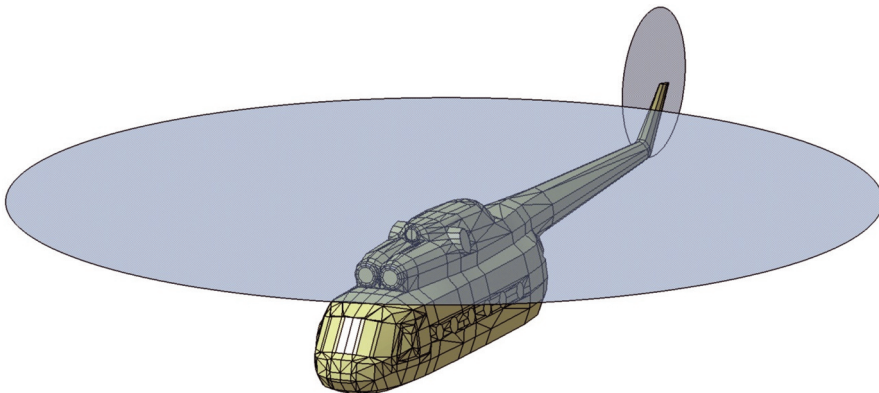


Rys. 3. Analizowany układ wlotu do obszaru ładunkowego śmigłowca Mi-8

4. OPIS MODELU

W poniższym rozdziale przedstawiony został model użyty do analiz wpływu turbulencji na niskich wysokościach, na lot lekkiego śmigłowca. Analizy przeprowadzone zostały za pomocą oprogramowaniu ANSYS FLUENT 12 przy wsparciu oprogramowaniem GAMBIT, CATIA V5 oraz TECPLOT 360.

Trójwymiarowy wirtualny model śmigłowca Mi-8 (rys. 4.) został utworzony w oprogramowaniu CATIA V5, a następnie uproszczona (usunięto niepotrzebne elementy nie wpływające na rozwiązanie zagadnienia, a znacznie utrudniające zbudowanie siatki) na potrzeby analizy zagadnień przedstawionych w tej pracy.



Rys. 4. Wirtualny model śmigłowca Mi-8 wykonany w oprogramowaniu CATIA V5 za pomocą modułu powierzchni

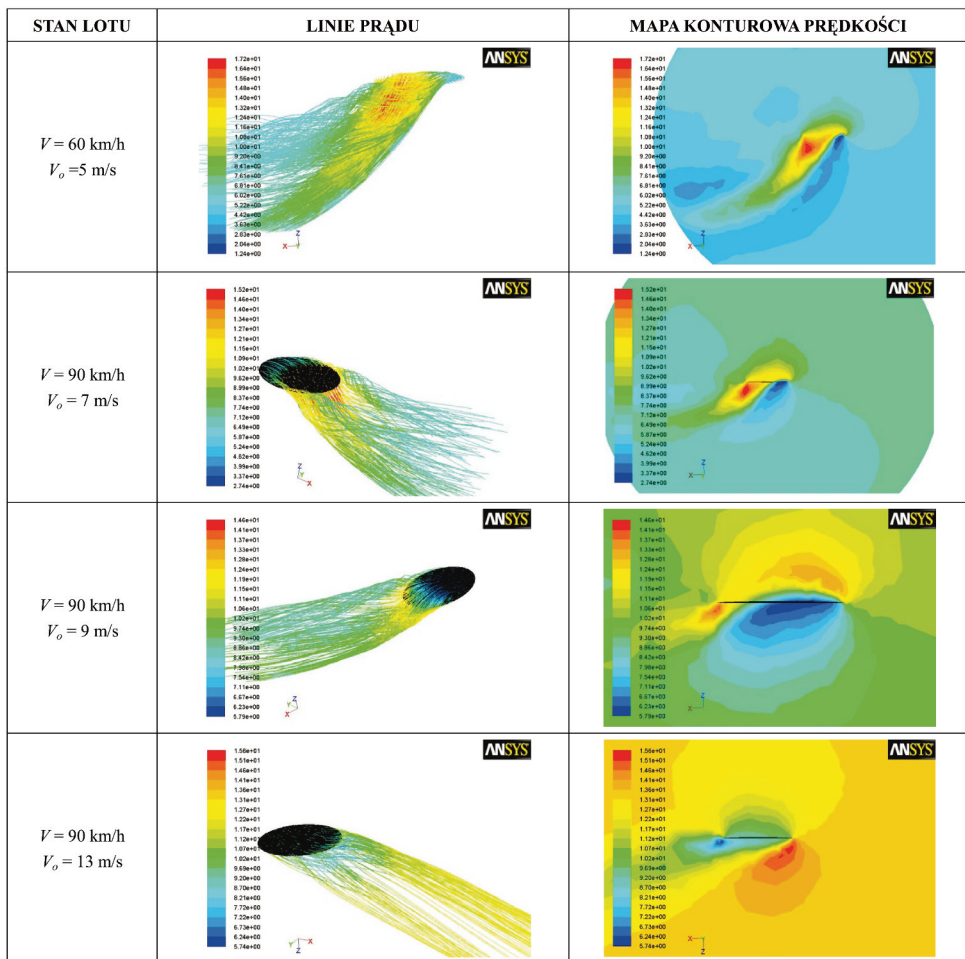
Aparat matematyczny stosowany w aplikacjach z grupy programów Computational Fluid Dynamics, oparty jest na równaniach różniczkowych Naviera-Stokesa uwzględniając

uproszczenia w celu skrócenia czasu obliczeń. W obliczeniach turbulencji wykorzystano model Spalart – Allmaras. W omawianych obliczeniach użyto wartości standardowych modelu, proponowanych przez dostawcę oprogramowania.

Jako masę śmigłowca, przyjęto masę startową wynoszącą dwanaście ton. Wirnik nośny oraz ogonowy zastąpiono powierzchniami wyznaczonymi przez końce łopat, a następnie nadano im właściwości wentylatora, FAN, ze skokiem ciśnienia o wartości 330 Pa na wirniku głównym. Obliczenia przeprowadzono w warunkach bezwietrznych przy różnych prędkościach lotu postępowego i opadania.

5. WYNIKI ANALIZ

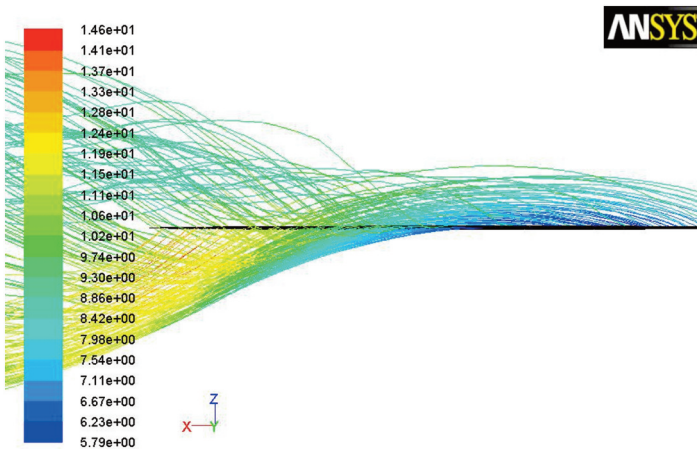
W celu wstępnego zdefiniowania stanu, lotu podczas którego turbulencja w okolicy tylnych drzwi znajdujących się pod belką ogonową będzie najmniejsza, przeprowadzono próbne obliczenia dla geometrii bez udziału kadłuba śmigłowca – wyniki przedstawiono poniżej.



Rys. 5. Ilustracja przedstawiająca prędkość pod wirnikiem nośnym śmigłowca Mi-8 w zależności od stanu lotu. Wartość V określona w km/h to prędkość postępową lotu, zaś V_o to prędkość opadania śmigłowca

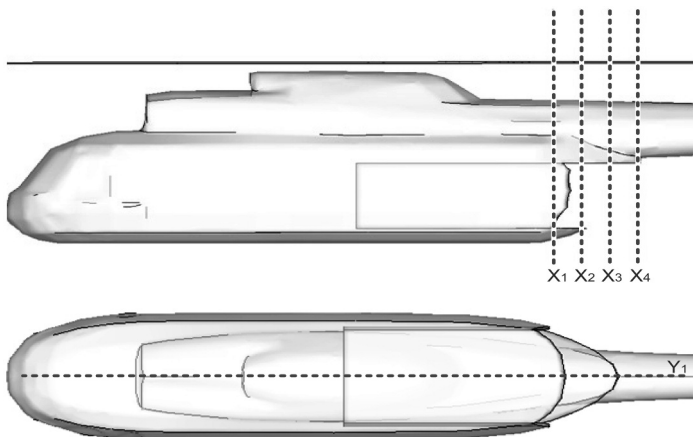
Optymalny stan lotu, przy którym ślad zawirnikowy formuje się w taki sposób, że wpływa on w minimalnym stopniu na turbulencje w okolicy rampy ładunkowej, określono na $V = 90$ m/s oraz $V_o = 9$ m/s. Wizualizację strumienia podwirnikowego dla tego przypadku przedstawiono za pomocą linii prądu na rysunku 6. Dla tak zdefiniowanych warunków przeprowadzono bardziej szczegółowe analizy prędkości omawianego obszaru z wykorzystaniem trójwymiarowego modelu śmigłowca. Obliczenia te przeprowadzono zostały dla śmigłowca z otwartym lukiem ładunkowym, co dało możliwość analizy turbulencji tworzenia się wirów Karmana na krawędziach otworu.

Taki stan lotu jest możliwy do wykonania w warunkach rzeczywistych lecz na podjęcie lub start bezzałogowca wpływa także czas trwania i wysokość rozpoczęcia takiego manewru.

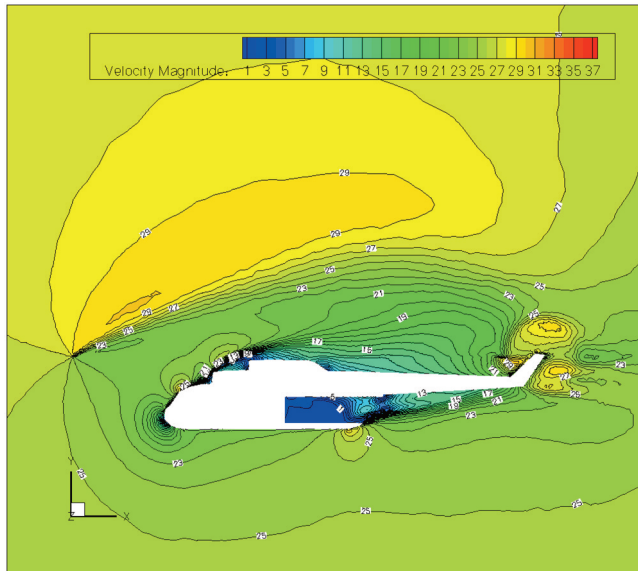


Rys. 6. Ilustracja przedstawiająca ślad zawirnikowy śmigłowca Mi-8 podczas wybranego za najbardziej optymalny lotu, pozwalającego na podjęcie oraz start bezzałogowego lekkiego śmigłowca

Poniżej przedstawiono płaszczyzny, dla których wykonano mapy konturowe prędkości analizowanego przypadku. Na ilustracji widoczny jest cały przedział ładunkowy zamodelowany na potrzeby tych obliczeń.



Rys. 7. Ilustracja przedstawiająca powierzchnie, dla których dokonano pomiarów prędkości w celu oszacowania turbulencji w okolicy przedziału ładunkowego śmigłowca

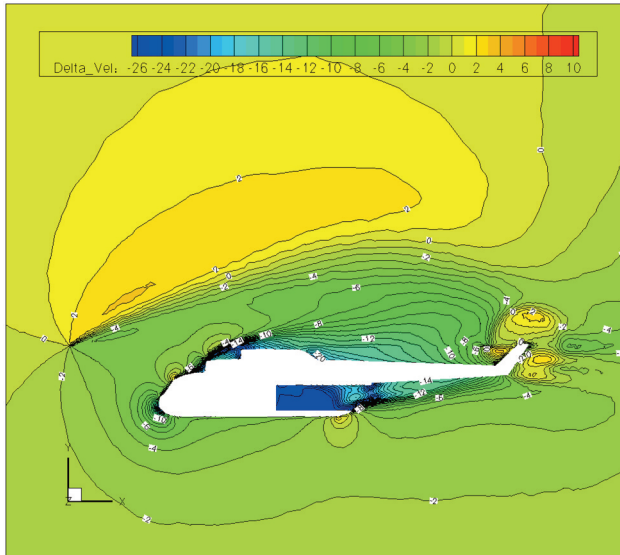
Rys. 8. Mapa konturowa przedstawiająca rozkład prędkości wokół śmigłowca w płaszczyźnie Y_1

PRZEKRÓJ	MAPA KONTUROWA PRĘDKOŚCI	PRZEKRÓJ	MAPA KONTUROWA PRĘDKOŚCI
X_1		X_2	
X_3		X_4	

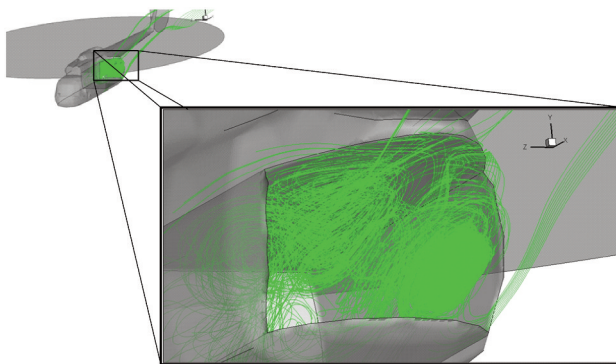
Rys. 9. Ilustracja przedstawiająca powierzchnie, dla których dokonano pomiarów prędkości w celu oszacowania turbulencji w okolicy przedziału ładunkowego śmigłowca

Rysunek 8 przedstawia mapę konturową prędkości wokół śmigłowca Mi-8 w przekroju Y_1 . Widzimy na nim, że prędkość w głębi łuku ładunkowego śmigłowca jest bardzo niska i wynosi około 1 m/s, natomiast im bliżej końca tym ta prędkość rośnie. Na krawędzi opisywanej

przestrzeni widzimy silny wzrost prędkości od wspomnianego 1 m/s do około 10-12 m/s. Jest to bardzo duży wzrost porównywalny z prędkością indukowaną generowaną przez ten śmigłowiec podczas zawisu. Widzimy również że pod belką ogonową śmigłowca Mi-8 w takim stanie lotu prędkość dość szybko przyrasta w kierunku jej końca. Dobrze obrazują to mapy konturowe prędkości przedstawione na rysunku 9 dla czterech wyznaczonych powierzchni. Na powierzchni X_1 oraz X_2 można zaobserwować nagły przyrost prędkości, gdzie jej największa wartość znajduje się na środku łuku ładunkowego. Rysunek 9- X_4 przedstawia dwa regularne okręgi z malejącą prędkością ku ich środkom. Można z stąd wywnioskować, że tworzą się tam wiry zbliżone swą geometrią do wiru podkowiastego.



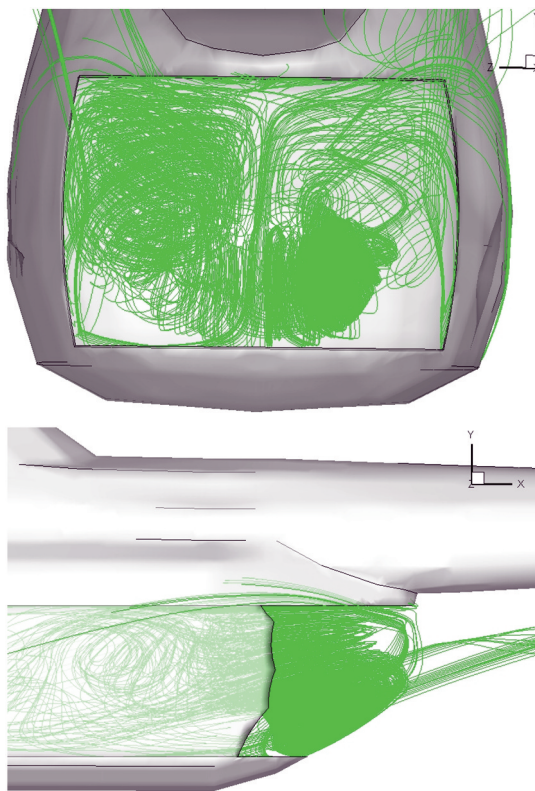
Rys. 10. Mapa konturowa przedstawiająca różnice w rozkładzie prędkości wokół śmigłowca w płaszczyźnie Y_1



Rys. 11. Linie prądu przedstawiające turbulencję na wlocie do przedziału ładunkowego śmigłowca Mi-8

W celu lepszego zobrazowania różnic w prędkości pomiędzy kolejnymi konturami prędkości stworzono mapę ilustrującą te różnice w odniesieniu do wartości 27 m/s (prędkość lotu śmigłowca). Wyżej opisana mapa konturowa przedstawiona została na rysunku 10.

Po analizie prędkości na wlocie przedziału ładunkowego śmigłowca transportowego Mi-8 postanowiono przeprowadzić analizę turbulencji za pomocą linii prądu w tym obszarze. Wspomniane linie prądu przedstawione zostały na rysunkach 11 oraz 12. Na rysunku 11 widzimy dwa większe wiry formujące się wewnątrz śmigłowca. Na rysunku 12 widzimy kolejno widok z tyłu oraz widok z boku śmigłowca wraz z liniami prądu wizualizującymi turbulencję. Na wymienionych rysunkach możemy zauważyć, że wiry formują się w okolicy środka przedziału z dość dużą intensywnością. Widok z boku przedstawia wiry, które są spychane do wnętrza śmigłowca, co można wywnioskować po kształcie zaburzenia. Turbulencja odwzorowuje kształt dolnej części śmigłowca, zgodnie z kierunkiem napływu na nie strug powietrza omywających go podczas lotu.



Rys. 12. Linie prądu przedstawiające wiry na wlocie do przedziału ładunkowego.
Z lewej widok od tyłu, z prawej widok z boku

6. WNIOSKI

Analiza turbulencji na wlocie do przedziału ładunkowego ciężkiego śmigłowca transportowego Mi-8 daje możliwość oszacowania prędkości jakie generowane są w tej okolicy, z czym wiąże się możliwość startu i podejmowania bezzałogowych śmigłowców. Główne zastosowanie tych działań jest w wojsku.

Uzyskane wyniki przedstawiają silne zaburzenie na wlocie do przedziału ładunkowego śmigłowca, które utrudnia start statku UAV ze względu na kierunek prędkości skierowany do wnętrza śmigłowca. Największa turbulencja tworzy się na środku otworu i stopniowo maleje

w kierunku nosa śmigłowca. Analiza wykazuje również powstawianie wiru podkowiastego za śmigłowcem pod belką ogonową generowanego przez ostre krawędzie kadłuba pozbawionego drzwi.

Prezentowane wyniki pokazują iż start i lądowanie małego, bezzałogowego statku powietrznego na pokładzie śmigłowca transportowego jest możliwe, lecz utrudnione przez turbulencje na wlocie. Również stan lotu niezbędny do podjęcia statku bezzałogowego jest istotnym czynnikiem podczas przeprowadzania takich manewrów.

Analizy przedstawione w tej pracy pozawalają na oszacowanie możliwości kolizji statku bezzałogowego z kadłubem Mi-8. Pozawalają także na podjęcie konkretnych kroków podczas projektowania statku UAV lub UCAV, w celu realizacji zadania startu z pokładu śmigłowca.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bramwell A. R. S.: *Helicopter Dynamics*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001.
- [2] Bukowski J.: *Mechanika płynów*, PWN, 1971.
- [3] Elsner J. W.: *Turbulencja przepływów*, PWN, Warszawa, 1987.
- [4] Juriew B. N.: *Aerodinamiczeskij raszczet wiertoletow*, Obarangiz, Moskwa, 1956.

MATEUSZ KANIA, KAMIL SOB CZAK

INFUENCE OF TURBULENCE UNDER MAIN ROTOR MI-8 HELICOTER ON POSSIBILITY OF START AND LANDING UAV VEHICLE ON HIS LOADING RAMP

Abstract

In this paper preset results of analysis on influence of turbulence under main rotor Mi-8 helicopter on possibility of start and landing UAV vehicle on his loading ramp. During researches determinate the optimal conditions of helicopter flight to perform the operation of pick up unmanned vehicle. All calculations were performed by using Ansys Fluent software.