

PRAKTYCZNE ASPEKTY ZASTOSOWANIA OTUNELOWANYCH ŚMIGIEŁ PCHAJĄCYCH

PAWEŁ RUCHAŁA, KRZYSZTOF SZAFRAN

Instytut Lotnictwa, Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa
pawel.ruchala@ilot.edu.pl, krzysztof.szafran@ilot.edu.pl

Streszczenie

Fakt, że zastosowanie otunelowania wokół śmigła (lub wentylatora) może poprawić jego osiągi, jest dobrze znany i potwierdzony licznymi pracami teoretycznymi i eksperymentalnymi, zrealizowanymi także w Instytucie Lotnictwa. Otunelowanie daje również szereg innych korzyści np. zwiększenie bezpieczeństwa użytkownika. Należałoby się zatem spodziewać, że takie rozwiązanie zyska dużą popularność, nie tylko w lotnictwie. Tymczasem powstało tylko kilka samolotów z napędem otunelowanym. Tak mała popularność tego, pozornie korzystnego, rodzaju napędu, sugeruje istnienie pewnych poważnych wad i ograniczeń.

W niniejszej pracy przedstawiono przykłady zastosowania wentylatora otunelowanego, omówiono jego zasadę działania na przykładzie napędu izolowanego oraz przedyskutowano wpływ obecności kadłuba na warunki pracy wentylatora (w przypadku układu pchającego). Autorzy oparli się na informacjach dostępnych w literaturze oraz na własnych doświadczeniach w projektowaniu, modelowaniu, budowie i eksploatacji z napędami otunelowanymi do samolotów, śmigłowców, motolotni i poduszkowców.

Słowa kluczowe: Napędy lotnicze, wentylator otunelowany, śmigło otunelowane, poduszkowiec, sterowiec.

1. WPROWADZENIE

Napęd otunelowany w lotnictwie pojawił się w latach pięćdziesiątych, jako analogia do dyszy Korta, stosowanej jako napęd okrętowy (np. w holownikach) [1]. Zaletami tego rodzaju napędu jest zwiększenie ciągu statycznego, poprawa sprawności napędu dla małych prędkości, zmniejszenie jego średnicy (co pozwala na zwiększenie prędkości obrotowej, a więc rezygnację z reduktora), czy też ograniczenie hałasu ([1], [2]). Zwiększenie ciągu statycznego na skutek zastosowania otunelowania może być znaczne: w pracy [3] osiągnięto przyrost o 45% przy maksymalnych obrotach. Ryszard Lewandowski w [2] podaje ogólniejszy zakres „30%-40%, a nawet do 50% (w porównaniu do śmigła swobodnego o tej samej średnicy i tym samym poborze mocy”. Prowadzone w Instytucie Lotnictwa badania porównawcze modelu napędu sterowca wykazały przyrost ciągu o 15%-28% dla różnych śmigieł w otunelowaniu [4].

Otunelowanie pozwala również na zwiększenie bezpieczeństwa, co ma szczególne znaczenie w przypadku samolotów bezzałogowych. Obiekty tego typu wykonują lot autonomiczny – operator jest odpowiedzialny za zdefiniowanie trasy (nawigację), a za jej realizację (pilotaż) odpowiada

autopilot. Dzięki temu możliwe jest użytkowanie bezzałogowców przez operatorów nie będących doświadczonymi pilotami. W takim przypadku ryzyko odniesienia obrażeń poprzez uderzenie operatora śmigłem (nieotunelowanym) podczas obsługi naziemnej lub startu może okazać się nadmiernie wysokie. W oczywisty sposób osłonięcie tarczy śmigła otunelowaniem poprawia bezpieczeństwo użytkowania. Kwestia bezpieczeństwa jest też bardzo istotna w sytuacji, gdy bezzałogowiec ma być użytkowany nad obszarem gęsto zaludnionym, np. w terenie miejskim. W wielu przypadkach dodatkową zaletą jest możliwość łatwego zastosowania sterów strumieniowych lub odwracacza ciągu.

Otunelowanie może być zastosowane w przypadku śmigła i wentylatora. Obie te maszyny działają na tej samej zasadzie, a różnica między nimi jest umowna: wentylator cechuje się mniejszą średnicą, większą liczbą łopat i ich cięciwą (a więc większym współczynnikiem wypełnienia), niż śmigło. W związku z tym, wentylatory otunelowane są stosowane częściej, niż śmigła otunelowane. Taki wybór pozwala bowiem na zmniejszenie średnicy otunelowania, co z kolei zmniejsza masę konstrukcji i jej wymiary. Wentylatory otunelowane powszechnie stosowane są w obiektach poruszających się relatywnie wolno – do 100 km/h. Przykłady zastosowań takiego napędu podano w dalszej części artykułu.

2. ZASTOSOWANIE NAPĘDÓW OTUNELOWANYCH

Według [2], największe zalety napędu otunelowanego ujawniają się przy małych prędkościach lotu. Wraz ze wzrostem prędkości wzrasta bowiem opór aerodynamiczny otunelowania, powodując zmniejszenie wypadkowej siły ciągu, a także sprawności napędu. Według [5], sprawność śmigła klasycznego i wentylatora otunelowanego zrównują się przy prędkości ok. 180 km/h (50 m/s). Z kolei wg [2] sprawności śmigła otunelowanego i swobodnego są porównywalne poniżej prędkości 200÷350 km/h. Jest to prędkość stosunkowo niska z punktu widzenia samolotów, aczkolwiek dostatecznie wysoka dla innych środków transportu. Doskonałym przykładem są poduszkowce – od jednomiejscowych poduszkowców sportowych, poprzez kiluosobowe poduszkowce wielozadaniowe (np. zbudowany w Instytucie Lotnictwa PRC-600M „Cichy” – rys. 1), po olbrzymie poduszkowce desantowe (np. największy poduszkowiec świata, radziecki Żubr-1). Śmigła otunelowane są również stosowane jako źródło napędu sterowców (rys. 2).

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że śmigła otunelowane mogą być również stosowane dla wysokich prędkości, powyżej 200 km/h ($Ma=0.6$). W tym przypadku kształt otunelowania zmniejsza prędkość przepływu, co opóźnia wystąpienie niekorzystnych zjawisk falowych.



Rys. 1. Poduszkowiec PRC-600M „Cichy”, zaprojektowany i zbudowany w Instytucie Lotnictwa [7]



Rys. 2. Gondola sterowca Skyship 600, wyposażonego w napęd otunelowany [8]

Mimo swych niewątpliwych zalet, napęd otunelowany nie rozpowszechnił się w lotnictwie na szerszą skalę. Bodajże jedyne samoloty wyposażone w ten napęd, jakie trafiły do produkcji seryjnej, to niemiecki RFB Fantrainer, oblatany w 1978 r. (rys. 3) i brytyjski Edgley Optica, oblatany w 1979 r. (rys. 4). Ponadto napęd otunelowany został użyty w pewnej liczbie samolotów lekkich, jak np. XV-11A Marvel – amerykański samolot doświadczalny z lat 60., czy też Duckt, zbudowany przez Perry’ego Micka na początku XXI wieku na bazie samolotu Long-EZ (rys. 5). Prace nad napędem otunelowanym prowadzono także w Polsce.

W 1979 r. pracownicy Instytutu Lotnictwa – R. Orłowski i R. Lewandowski – opracowali projekt samolotu szkolno-treningowego SW-220, wyraźnie inspirowanego Fantrainerem. Rok później zmieniono koncepcję samolotu, wprowadzając podwójne usterzenie na belkach ogonowych – podobne, jak w brytyjskim de Havilland Vampire. Oznaczenie samolotu zmieniono na SW-220.2 (rys. 6). Projekt nie został jednak zrealizowany.



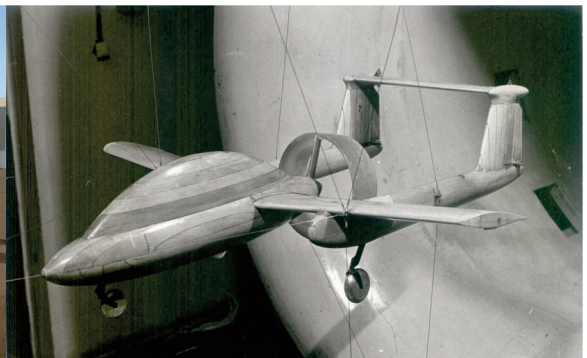
Rys. 3. Szkolny RFB Fantrainer [9]



Rys. 4. Obserwacyjny Edgley Optica [10]



Rys. 5. Duckt – samolot amatorski [11]

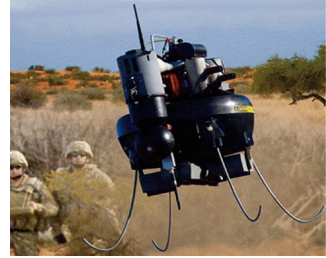


Rys. 6. Model samolotu SW-220.2 w tunelu T-1 [archiwum IL]

Napęd otunelowany znajduje również zastosowanie w bezałogowych statkach latających. Przykładem może być współtworzony przez Instytut Lotnictwa samolot MOSUPS w układzie połączonych skrzydeł – rysunek 7. Pojawiły się również pionowzloty napędzane napędem otunelowanym, które można zaliczyć do pierścieniopłatów; przykładem może być T-Hawk firmy Honeywell (rys. 8).



Rys. 7. Bezałogowy samolot MOSUPS (z napędem według projektu) [12]

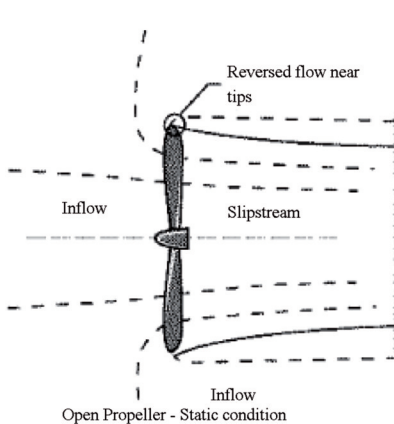


Rys. 8. Pionowzlot T-Hawk w układzie pierścieniopłata [13]

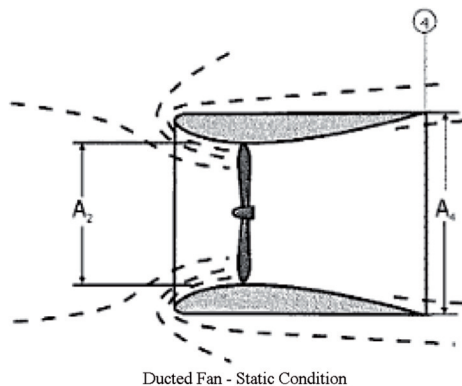
3. WARUNKI PRACY IZOLOWANEGO ŚMIGŁA OTUNELOWANEGO

Według publikacji [14], korzystny wpływ otunelowania w przypadku małej prędkości lotu jest efektem jakościowej zmiany przepływu w rejonie końcówek łopatek (rys. 9, rys. 10). Dla śmigła swobodnego, w warunkach statycznych można zaobserwować przepływ odwrócony. Powoduje to zmniejszenie efektywnej powierzchni tarczy śmigła, a przez to – zmniejszenie siły ciągu. W przypadku napędu otunelowanego efekt ten nie występuje, o ile krawędź wlotu będzie tak zaprojektowana, że nie dojdzie do oderwania przepływu na niej. Hovey w pracy [5] zaleca, aby promień krawędzi natarcia zawierał się w granicach od 5% do 15% średnicy wirnika, przy czym większe wartości są zalecane dla zwiększenia ciągu statycznego, zaś mniejsze – do zwiększenia sprawności przy prędkości przelotowej. Z kolei autorzy prac [2] i [14] sugerują, że korzystne może być dodanie slotu na krawędzi natarcia otunelowania.

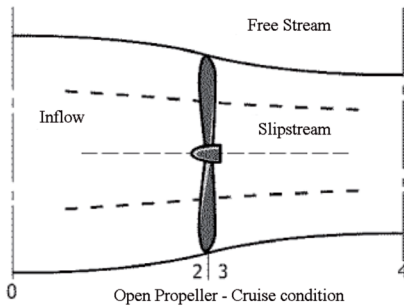
Obecność otunelowania zmniejsza straty na końcówkach łopatek także w warunkach przelotowych, gdyż jego powierzchnia działa jak płyta brzegowa, zwiększając efektywne wydłużenie łopaty.



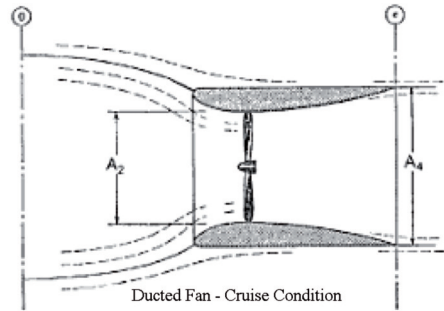
Rys. 9. Przepływ przez tarczę śmigła w warunkach statycznych [14]



Rys. 10. Przepływ przez napęd otunelowany w warunkach statycznych [14]

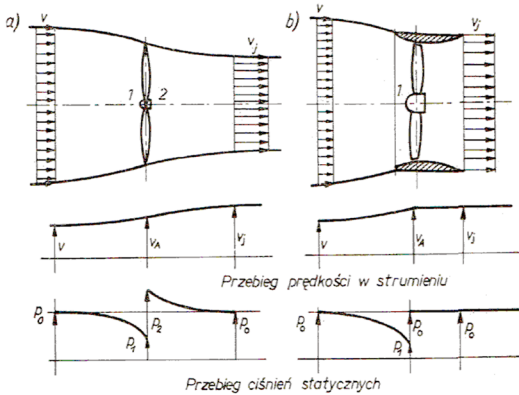


Rys. 11. Przepływ przez tarczę śmigła w warunkach przelotowych [14]

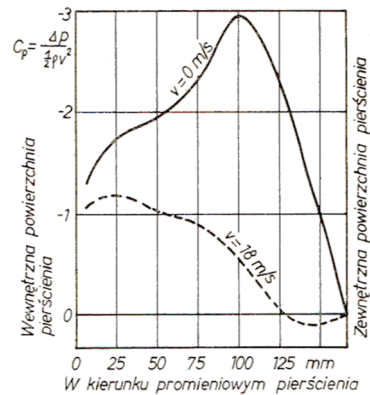


Rys. 12. Przepływ przez napęd otunelowany w warunkach przelotowych [14]

Podczas lotu z prędkością przelotową otunelowanie może być korzystniejsze ze względu na dodatkowy ciąg, będący efektem ukształtowania wewnętrznej powierzchni otunelowania. W przypadku śmigieł nietunelowanych przepływ śmigłowy zwęża się za tarczą śmigła, co jest źródłem strat (kontrakcja strumienia). Z kolei dla śmigieł otunelowanych średnica wylotowa strumienia śmigłowego jest równa średnicy wylotowej otunelowania. Oznacza to mniejszą średnią prędkość wylotową przy tym samym wydatku, co oznacza korzystniejszy stosunek ciągu do mocy. A zatem projektując otunelowanie, korzystne jest zwiększenie powierzchni wylotowej w stosunku do powierzchni śmigła – przy czym warunkiem jest, aby nie dopuścić do wystąpienia oderwania, które zmniejszyłoby efektywną powierzchnię wylotu i zwiększyłoby opór otunelowania. Hovey w [5] zaleca, aby średnica wylotowa stanowiła nie więcej, niż 107% średnicy śmigła, natomiast Neal w [15] jako graniczny podaje kąt rozwarcia dyfuzora równy 10° (co odpowiadało stosunkowi średnic 111,7%).



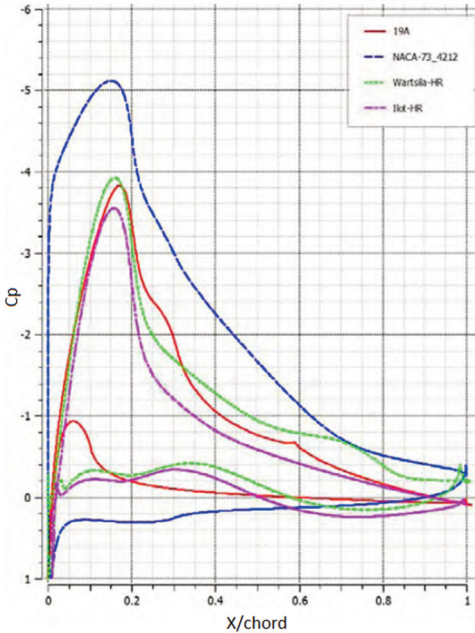
Rys. 13. Kształt strumienia śmigłowego oraz przebieg prędkości i ciśnienia w przypadku śmigła swobodnego (a) i otunelowanego (b) [2]



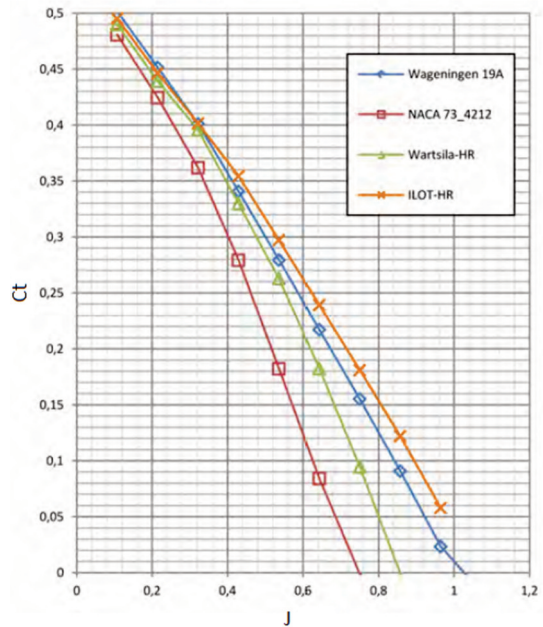
Rys. 14. Rozkład współczynnika ciśnienia na otunelowaniu [2]

Dodatkową korzyścią z zastosowania napędu otunelowanego jest siła ciśnieniowa skierowana do przodu, wynikająca z podciśnienia w części noskowej otunelowania (rys. 14). Jest to zjawisko występujące np. w przypadku osłon silników gwiazdowych typu NACA.

Odrębnym zagadnieniem jest wpływ profilu otunelowania, omówiony m.in. w [19]. Efektem przeprowadzonych prac badawczych nad wybraną grupą profili otunelowania jest nowy profil ILOT-HR na który Instytut Lotnictwa i jego autorzy otrzymali w Urzędzie Patentowym zastrzeżenie na wzór użytkowy.



Rys. 15. Rozkład ciśnień na otunelowaniu o różnych profilach [19]



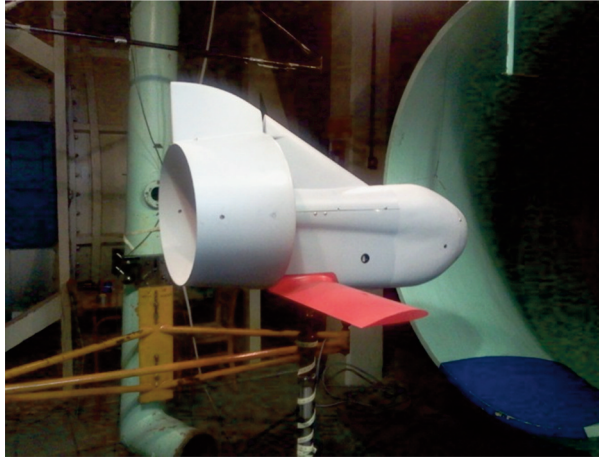
Rys. 16. Charakterystyki napędów o różnych profilach otunelowania [19]

Tematyka związana z projektowaniem śmigieł otunelowanych została szerzej opisana m.in. w pracach [16], [17] i [18].

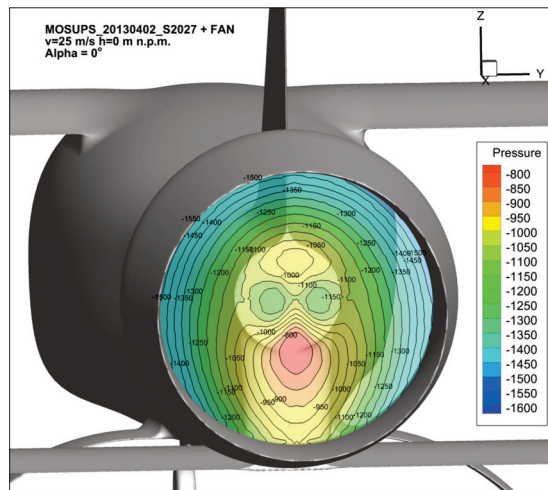
4. WPLYW PRZESŁONIĘCIA STRUMIENIA ŚMIGŁOWEGO

Powyższe rozważania dotyczą śmigła otunelowanego odseparowanego od samolotu lub pojazdu napędzanego nim. Pozwala to na przyjęcie szeregu założeń upraszczających, z których najistotniejsze jest założenie osiowej symetrii geometrii i przepływu. Tymczasem w większości rzeczywistych obiektów, których przykłady przedstawiono w rozdziale 2, przed tarczą śmigła lub wentylatora znajduje się kadłub, kabina, pilot (w przypadku poduszkowca sportowego) itp. Umieszczenie napędu w układzie pchającym jest korzystne, gdyż wówczas otunelowanie działa ustateczniająco [1], [2]. Jednak przysłonięcie tarczy śmigła powoduje, że strumień śmigłowy jest zaburzony i wyraźnie odbiega od teoretycznego modelu osiowosymetrycznego. Autorzy wielu publikacji na temat konstrukcji samolotów lub konstrukcji śmigieł podają, że powoduje to obniżenie sprawności śmigła, asymetryczne obciążenie tarczy śmigła oraz zwiększa naprężenia w łopatach. Jednakże są to tylko informacje jakościowe. Niezwykle rzadko natomiast podaje się informacje ilościowe. Tymczasem spadek ciągu wywołany przysłonięciem może wynieść nawet kilkanaście procent (w stosunku do ciągu napędu nieprzysłoniętego). Przykładem może być napęd samolotu bezzałogowego ILX-32 MOSUPS. Napęd ten, w różnych konfiguracjach, był przedmiotem badań tunelowych, przeprowadzonych w tunelu aerodynamicznym T-1 ([12], [20] i [21]). Stanowisko uwzględniało tylną część kadłuba i nasadowy fragment tylnego płata (rys. 17). Wyniki tych badań pokazały, że ciąg statyczny wentylatora otunelowanego przysłoniętego tylną częścią kadłuba wynosi zaledwie 8,4 kG – podczas, gdy w przypadku napędu nieprzysłoniętego osiągnięto ciąg ponad 10 kG. Spadek ciągu wyniósł więc około 16% (!). Wyniki badań skłoniły więc konstruktorów do realizacji obrotu i pierwszych prób w locie z zastosowaniem klasycznego śmigła (co wymagało modyfikacji opisanych

w [20] i przeprojektowania zespołu napędowego). Trzeba dodać, że wpływ przesłonięcia tarczy śmigła w przypadku klasycznego napędu śmigłowego okazał się pomijalnie mały [21].



Rys. 17. Wentylator napędowy samolotu MOSUPS na stanowisku badawczym [12]



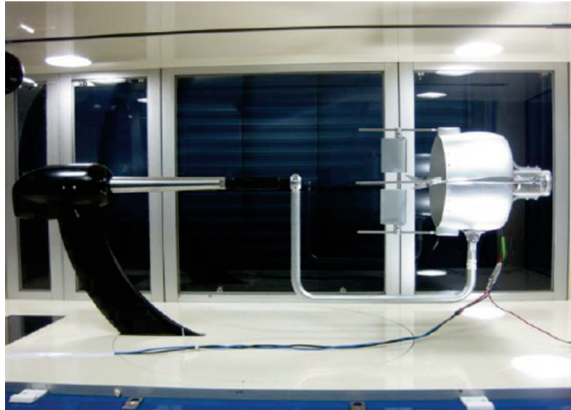
Rys. 18. Rozkład ciśnienia statycznego na tarczy wentylatora [A. Dziubiński, 2014]

Przyczyny tak dużej straty ciągu można wyjaśnić obserwując rozkład ciśnienia statycznego w płaszczyźnie tarczy wentylatora (rys. 18). Nietrudno zauważyć, że jest ono podwyższone tuż za kadłubem, co jest efektem zmniejszonej prędkości. Zatem skok ciśnienia w tym obszarze będzie mniejszy, niż w obszarze strumienia niezaburzonego. Należy w tym miejscu skomentować, że rysunek ilustruje wyniki symulacji numerycznych, dotyczących wcześniejszej wersji geometrii samolotu MOSUPS, niż przebadana w tunelu. Różnica polega na kształcie zakończenia kadłuba, poniżej wręgi ogniowej: w symulacjach jest ona szeroka i zaokrąglona, zaś w modelu tunelowym – zaostzona. Ma to oczywisty wpływ na przepływ w tym rejonie.

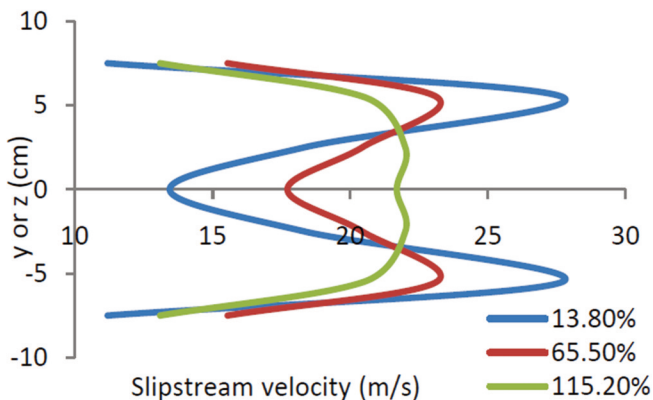
Istnieją przesłanki do stwierdzenia, że negatywny efekt da również przesłonięcie strumienia śmigłowego płaszczyzną równoległą do osi obrotu śmigła (np. pokładem). Podczas prób

przewodzonych w tunelu aerodynamicznym T-1, obok przestrzeni pomiarowej tunelu umieszczono sztywny ekran, mający stanowić tło dla anemometrii laserowej. Spowodowało to wyraźne zdławienie przepływu i powstanie zaburzeń, widocznych na grzebieniowej sondzie oporu. Biorąc pod uwagę, że tunel aerodynamiczny z otwartą przestrzenią pomiarową opiera się na podobnej zasadzie działania, co napęd otunelowany, można oczekiwać podobnych efektów. Przyczyną zdławienia jest oczywiście fakt, że strumień śmigłowy przed wlotem otunelowania jest znacznie szerszy, niż średnica otunelowania.

Wiele na temat strumienia śmigłowego przepływającego przez napęd otunelowany można wywnioskować na podstawie pracy [23], dotyczącej badań bezzałogowego statku latającego w układzie pierścieniopłata (pokazanego na rysunku 19). Rozkłady prędkości w strumieniu zaśmigłowym bezzałogowca (rys. 20) pokazują, że średnia prędkość w śladzie ciała centralnego jest wyraźnie zmniejszona w stosunku do niezaburzonego przepływu. Rozkład prędkości wyrównuje się wraz z wzrostem odległości od badanego obiektu i w odległości 115.2% cięciwy otunelowania spadek wywołany obecnością ciała centralnego jest ledwie zauważalny. Osiosymetryczne położenie ciała centralnego decyduje o tym, że rozkład prędkości przepływu pozostaje osiosymetryczny (przy zerowym kącie natarcia i kącie ślizgu).



Rys. 19. Pierścieniopłat w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego [23]



Rys. 20. Rozkłady prędkości w strumieniu zaśmigłowym pierścieniopłata [23]

5. PODSUMOWANIE

Napędy otunelowane są powszechnie stosowane jako źródło napędu poduszkowców, sterowców, małych ekranoplanów i wolno latających samolotów obserwacyjnych. Zyskują również popularność wśród konstruktorów bezzałogowych statków latających. Z uwagi na burzliwy rozwój napędów elektrycznych w małym i średnim lotnictwie, popularność zyskują otunelowane wentylatory. Ich zalety, w porównaniu z śmigłami klasycznymi, to:

- wyższy ciąg statyczny;
- wyższa sprawność dla małych prędkości;
- możliwość zmniejszenia średnicy;
- korzystniejszy stosunek ciągu do mocy;
- niższy hałas;
- większe bezpieczeństwo użytkownika;

Ze względów konstrukcyjnych, napęd otunelowany jest najczęściej umieszczany w pozycji pchającej. Wiąże się to z asymetrycznym przysłonięciem tarczy śmigła. Istnieją przesłanki do stwierdzenia, że powoduje to znaczną stratę ciągu – większą, niż w przypadku klasycznych śmigieł (przy czym gorsze osiągi nieotunelowanych śmigieł w układzie pchającym są często podawane jako ich poważna wada). Trudno jednak odnaleźć liczbowe wartości spadku ciągu lub sprawności napędów otunelowanych. Można postawić dość śmiałą tezę, że temat ten nie został zbadany w sposób adekwatny do jego znaczenia praktycznego.

Wydaje się również, że zastosowanie osiowosymetrycznego modelu śmigła, z pominięciem wpływu przysłonięcia otunelowania przez kadłub lub inne elementy płatowca, może prowadzić do dużych błędów. Celowe jest z jednej strony określenie parametrów wpływających na spadek ciągu (a w dalszej perspektywie, być może, opracowanie sposobu na kompensację tych strat); z drugiej strony, konieczne jest upowszechnienie wiedzy na ten temat.

W przyszłości napędy elektryczne lub hybrydowe mogą w znaczący sposób zwiększyć zastosowanie otunelowanych wentylatorów i śmigieł w lotnictwie. Perspektywy rozwoju zróżnicowanych napędów przedstawiono w publikacji [24].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Roberts S.C., 1964, „The Marvel project part C: An investigation of the shrouded propeller propulsive system on the Marvelette aircraft”, TRECOM-TR-64-41 (AD 608 187) (N65-13069), Mississippi State University/US Army Transportation Research Command.
- [2] Lewandowski R., 1983, „Możliwości napędu śmigłami obudowanymi”, *Technika Lotnicza i Astronautyczna*, 1/83, pp. 31-34.
- [3] Neal B., 1965, “The design and testing of three 6-foot diameter ducted propellers with their rotational axes normal to the free stream”, NRCC Aeronautical Report LR-426, NAE, Ottawa, Canada.
- [4] Szafran K., 2008, „The laboratory experience fan propeller unit power for unnamed airship”./study UAV/ SAUAV –: 3th International Conference on scientific Aspects of Unmanned Aerial Vehicle, 7-9 maja 2008. s. 50.2008.
- [5] Hovey R.W., 1972, *Ducted fan for light aircraft*, Zenith Aviation Books.
- [6] Muszyński T., Strzelczyk P., 2013, *Experimental investigations of a variable geometry ducted propeller*; *Advances in Science and Technology* Vol. 7 Iss.17, pp. 56-61
- [7] http://www.altair.com.pl/news/view?news_id=10450
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Blimp#mediaviewer/File:GR_SK_Propeller.jpg
- [9] <http://forum.keypublishing.com/showthread.php?26163-Pic-and-Info-request>
- [10] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Brooklands-Aerospace_Optica_Srs_301.jpg

- [11] <http://www.mickaircraft.com/duckt.html>
- [12] Bogdański K., Rodzewicz M., Miller M., Ruchała P., 2014, „Koncepcja i realizacja badań zespołu napędowego w tunelu aerodynamicznym”. *Mechanika w Lotnictwie ML-XIV, PTMTS*, pp. 123-134.
- [13] Xu C., Bil C., Cheung C., 2014, “Fluid dynamics analysis of a counter rotating ducted propeller”, *29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS*, Sankt Petersburg, Russia.
- [14] De Piolenc F.M., Wright G., 2001, *Ducted fan design. Volume 1*, Mass Flow, City of Industry, USA.
- [15] Neal B., Slack W.E., 1965, “Static and low forward speed tests on several six-foot diameter tractor and pusher ducted propellers”, *NRCC Aeronautical Report LR-445*, NAE, Ottawa, Canada.
- [16] Weber D., Kuchemann J., 1953, *Aerodynamics of Propulsion*, McGraw-Hill.
- [17] Jarzyna H., Koronowicz T., Szantyr J., 1996, *Marine propeller design. Selected problems*, Ossolineum, Wrocław.
- [18] Strzelczyk P., 2011, *Wybrane zagadnienia aerodynamiki śmigieł*, OW Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [19] Szafran K., Shcherbonos O., Ejmocki D., 2014, “Effects on duct shape on ducted propeller thrust performance”, *Prace Instytutu Lotnictwa*, vol. 237, pp. 84-91.
- [20] Bogdański K., Krusz W., Rodzewicz M., Rutkowski M., 2014, „Design and optimization of low speed ducted fan for a new generation of joined wing aircraft”, *29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS*, Sankt Petersburg, Russia.
- [21] Bogdański K., Rodzewicz M., 2014, “Integration of the propulsion system with MOSUPS aircraft”, *Research and Education in Aircraft Design*, Vilnius, Lithuania.
- [22] Bukowski J., Łucjanek W., 1986, *Napęd śmigłowy. Teoria i konstrukcja*, Wydawnictwo MON, Warszawa.
- [23] Maqsood A., Tan Y. X., Go T. H., 2010, “Study of control effectiveness of a ducted-fan UAV”, *27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS*, Nice, France.
- [24] Piwek K., Wiśniowski W., 2016, “Small air transport aircraft entry requirements evoked by FlightPath 2050”, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal*, Vol. 88, Issue: 2, pp. 341-347.

PRACTICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF PUSHER DUCTED PROPELLERS

Abstract

It is well known that an application of the duct around a fan or a propeller may improve its performance. The duct gives also several other benefits. One could expect that this propulsion will become popular, not only in aviation. Meanwhile only a few airplanes powered by ducted fans have been designed. So low popularity of this propulsion means that it may have some significant limitations. The following paper is an attempt to encapsulate the advantages and disadvantages of the ducted fans and ducted propellers applied as pushers. The authors based on their own experience and on the literature. Many years of experience in the design, modeling, construction and operation of drives by duct fan aircraft, helicopters, ultralight aircraft and hovercraft can draw conclusions that can be helpful in the design process of new construction.

Keywords: Aircraft propulsion, ducted fan, ducted propeller, hovercraft, airship.