

LOTY ŚMIGŁOWCÓW W TERENIE ZURBANIZOWANYM – AGLOMERACJE MIEJSKIE Z WYSOKĄ ZABUDOWĄ

prof. dr hab. inż. **Kazimierz SZUMAŃSKI**
Instytut Lotnictwa

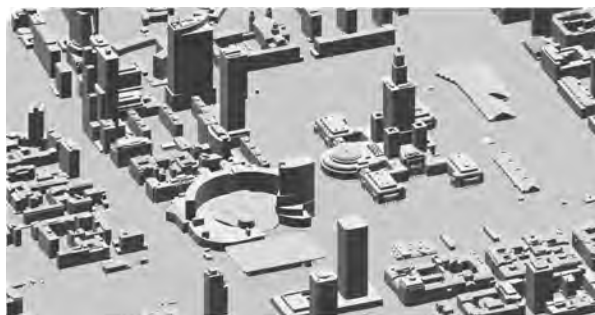
Artykuł dotyczy użytkowania śmigłowców w miastach, szczególnie o wysokiej zabudowie. Przedstawiono problemy dotyczące wykonywania lotów w bezpośredniej bliskości budynków, w tym w warunkach zaburzeń opływu budynków wywołanych wiatrem i/lub interferencją aerodynamiczną śmigłowiec-budynki oraz startów i lądowań w terenie zurbanizowanym z uwzględnieniem możliwości wystąpienia awarii napędu.

1. WSTĘP

W miastach coraz częściej wykonywane są loty śmigłowców, również na niskich wysokościach. Należy do nich zaliczyć akcje wojskowe, policyjne, dźwigowe, lotnictwa sanitarnego, przeciwpożarowe i mediu. W lotnictwie śmigłowcowym podobny charakter mają loty koszące przez pokrycie terenu – NOE i loty w górach. Specyfika lotów w miastach jest jednak odmienna ze względu na szczególnie kształt geometryczny obiektów otoczenia oraz na rodzaj turbulencji atmosferycznej. Ważne problemy w takich lotach dotyczą: nawigacji, wykonywania lotów w bezpośredniej bliskości budynków w warunkach zaburzeń opływu budynków wywołanych wiatrem i/lub interferencją aerodynamiczną śmigłowiec-budynki, zagrożeń spowodowanych obecnością stref niebezpiecznych istniejących przy małych prędkościach lotu (stref HV i obszarów występowania pierścienia wirowego) oraz wykonywania startów i lądowań w terenie zabudowanym z uwzględnieniem możliwości wystąpienia awarii napędu.

2. CHARAKTERYSTYKA ZABUDOWY MIEJSKIEJ

Z punktu widzenia użytkowania śmigłowców najważniejsze cechy budowy – pojedynczych i zespołów budynków dotyczą: ich parametrów geometrycznych, zasadniczo wpływających na zaburzenia atmosferyczne, zabudowy i kształtu geometrycznego dachów jako miejsc prowadzenia akcji ratowniczych oraz położenia i charakteru otoczenia miejsc lądowania na lądowiskach wyniesionych lub naziemnych. Na rysunku 1 pokazano obecny kształt wysokościowego centrum Warszawy. W najbliższych latach projektowane są wysokościowce, istotnie zagęszczające obszar centrum. Konieczne jest, aby podczas ich projektowania uwzględnić potrzeby lotnictwa śmigłowcowego, przydatnego także w wypadku pojawiających się nowych zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania miasta.



Rys. 1. Obraz zabudowy wysokościowej centrum Warszawy

Parametry geometryczne pojedynczych budynków (rys. 2) [6, 11] powinny być kształtowane również z uwzględnieniem wymagań aerodynamicznych, jakie budynki mogą generować. Niektóre kształty mogą wytwarzać wyjątkowo niekorzystne zaburzenia. Kształty i wymagania użytkowe dotyczące dachów (rys. 3, 4) powinny dotyczyć zarezerwowania swobodnego miejsca do lądowania i/lub przeprowadzania akcji ratowniczej oraz zapewnienia właściwego poziomu wytrzymałości ich struktury.



a)



b)

Rys. 2. Przykładowe kształty geometryczne a – pojedynczych oraz b – zespołów budynków



Rys. 3. Lądowiska na dachach specjalnie przygotowane do lądowania śmigłowców [6]



Rys. 4. Zabudowa dachu praktycznie uniemożliwiająca przeprowadzenie akcji ratowniczej [6]

Lądowiska dla śmigłowców, dwojakiego rodzaju, powinny być przygotowane: jako specjalnie przystosowane do częstych lądowań i startów np. przyszpitalne (naziemne lub wyniesione) oraz do doraźnego wykorzystania, jako wyznaczone i przystosowane płaszczyzny do lądowań w razie zaistniałej konieczności. Mogą to być boiska sportowe (rys. 5), trawniki, parkingi itp. ale z dobrze opracowaną informacją i zabezpieczeniem organizacyjnym na wypadek konieczności skorzystania z nich [6].



Rys. 5. Boisko sportowe które może być wykorzystane jako lądowisko dla śmigłowca [6]

3. AKCJE SPECJALNE LOTNICTWA ŚMIGŁOWCOWEGO

Najczęściej spotykane są akcje lotnictwa sanitarnego podczas lotów śmigłowców do lądowisk przyszpitalnych oraz sporadycznie korzystających z dostępnych lądowisk podczas wezwań do wypadków (rys. 6).



Rys. 6. Akcja śmigłowca sanitarnego w centrum Warszawy (foto. M. Rusiecki)

Innym obszarem działań śmigłowców są prace dźwigowe, w których śmigłowce często jako jedyne w miejskiej ciasnej zabudowie mogą być pomocne w operacjach wymagających przenoszenia i ustawiania elementów budowlanych, najczęściej podczas prac montażowych.



Rys. 7. Operacje dźwigowe w aglomeracji miejskiej (foto K. Tracz)

Akcje policyjne oraz straży pożarnej obejmują, jak dotychczas, grupę działań ewakuacyjnych i desantowych w wypadku zagrożenia np. pożarowego [6] lub terrorystycznego.

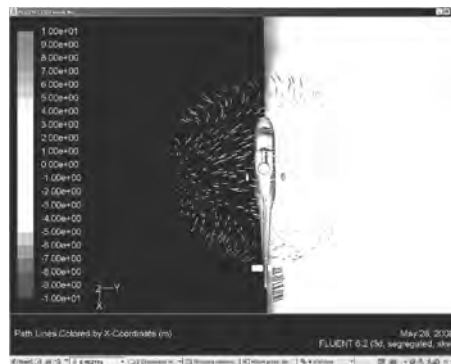
Najbezpieczniejszy sposób takich działań to wykorzystanie liny i ewentualnie wciągarki (rys. 8) [6]. Zwiększenie dystansu od budynku zmniejsza problemy wynikające z jego bliskości, ale wydajność takich operacji jest niewielka. Znacznie skuteczniejsze są bezpośrednie działania w kontakcie śmigłowca z podłożem (dach lub jego krawędź (rys. 9) – lądowisko między budynkami) ale wówczas trzeba poznać, rozwiązać i opanować wiele zagadnień związanych z bezpośrednią bliskością budynków.



Rys. 8. Akcje ratownicze i desantowe - na linie przy użyciu wciągarki [6]



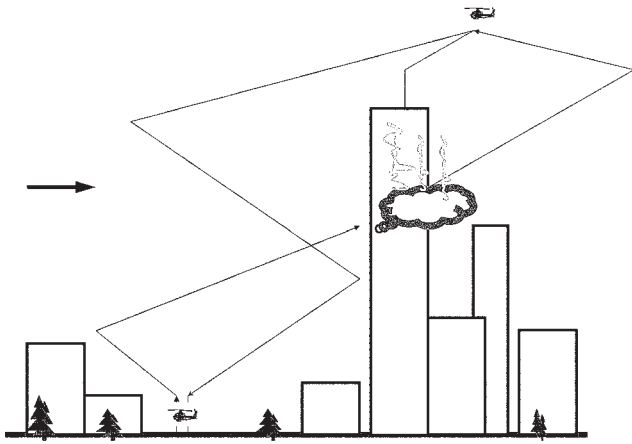
a



b

Rys. 9. Akcje ewakuacyjne – śmigłowiec w kontakcie podwozia z krawędzią dachu (a) [6] i możliwości modelowej oceny optywu śmigłowca w tej konfiguracji (b) [8]

Typową akcją ewakuacyjną stanowią cykle lotu śmigłowca „dach–lądowisko” (lot „po spirali”) z przewożeniem ewakuowanych osób. Przy gęstej, wysokiej zabudowie niejednokrotnie w takim locie należy omijać wysokościowce znajdujące się na trasie lotu. Do pewnej odmiany takiego lotu można zaliczyć ewakuacje na sąsiednie dachy. Należy przestrzegać aby starty i lądowania odbywały się pod wiatr. W każdej fazie lotu trzeba uwzględnić możliwość wystąpienia awarii napędu. Wiąże się to ze stosowaniem odpowiednich procedur wykonywania lotu uwzględniając wymagania przepisów bezpieczeństwa [7].



Rys. 10. Typowa akcja ratownicza – ewakuacja dach – lądowisko [6]

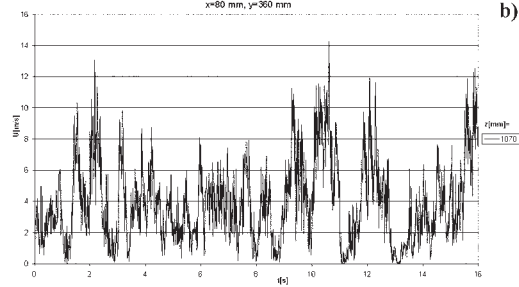
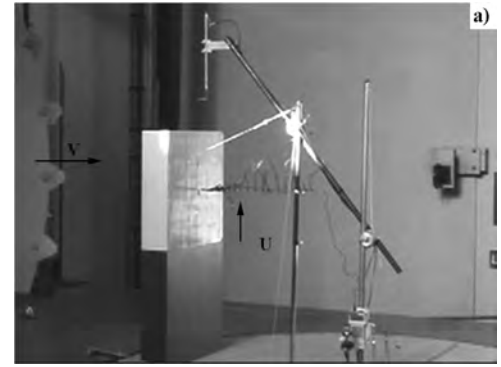
W większości wielkich aglomeracji miejskich, odbywają się akcje patrolowe policji i loty śmigłowców mediów, polegające na monitorowaniu życia miasta. Loty te wykonywane są w różnych warunkach atmosferycznych i porach doby. Zadania tego typu polegają głównie na wykonywaniu lotów ciągłych w pobliżu zabudowań. Takie działania wymagają szczególnie dobrego wyszkolenia załogi i wiedzy o systemie miasto-śmigłowiec.



Rys. 11. Patrolowe loty śmigłowców policyjnych (foto. M. Rusiecki)

4. ZAGROŻENIA TURBULENCJĄ WYWOŁANĄ OPŁYWEM BUDYNKÓW POJEDYNCZYCH

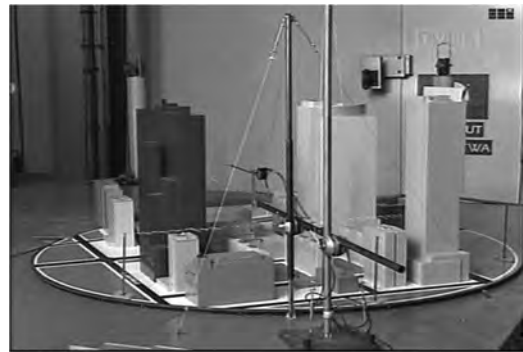
Pojedynczy budynek opływany wiatrem generuje trzy strefy opływu, które mogą być ważne podczas prowadzenia akcji z użyciem śmigłowców w bezpośredniej ich bliskości: pierwsza to obszar zwiększonej prędkości opływu nad powierzchnią dachu [5], co chociaż nie jest znacznym utrudnieniem, ale trzeba to zjawisko uwzględnić przy przeprowadzaniu manewru blisko szczytu budynku, druga to pojawianie się wirów Karmana po zawiętrznej w środkowej części budynku [2, 5, 8, 12]. Silne pulsacje opływu oddziałujące na śmigłowiec, który prowadziłby tam operacje w zawisie mogą znacznie utrudnić a nawet uniemożliwić wykonanie zadania. Trzecią strefą opływu jest prąd wznoszący po zawiętrznej równy w przybliżeniu 30÷50% prędkości niezaburzonego napływu (rys. 12), co stanowi istotne zagrożenie dla śmigłowców wykonujących tam zawis, ze względu na przybliżanie się do granicy pojawiania się pierścienia wirowego.



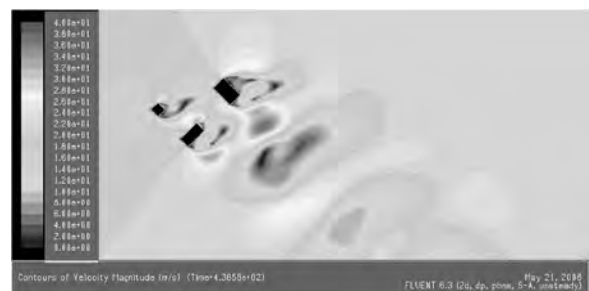
Rys. 12. Badania w tunelu pojedynczego budynku, a – układ pomiarowy w tunelu aerodynamicznym (V – prędkość napływu, U – prędkość wznoszenia za budynkiem), b – wynik pomiaru sondą prędkości pionowej po zawiętrznej U dla napływu $V = 20$ m/s. Widoczne są również pulsacje prędkości [5]

5. OPŁYW ZESPOŁU BUDYNKÓW

Turbulencje wywołane opływem zespołu budynków dodatkowo są wywołane ich wzajemną interferencją, pogłębiającą przepływ między budynkami, niekiedy dwukrotnie. Tego typu zjawisko nakłada się na charakterystyczne elementy omówionych wyżej opływów dla pojedynczego budynku. Potwierdzają to wykonywane badania tunelowe, jak i obliczenia z wykorzystaniem oprogramowania FLUENT™.



Rys. 13. Badania w tunelu aerodynamicznym zespołu budynków wysokościowej zabudowy centrum Warszawy [5]



Rys. 14. Obliczenia programem FLUENT™ zaburzeń pola prędkości wokół wybranego zespołu budynków wysokościowej zabudowy centrum Warszawy [12]

6. INTERFERENCJA ŚMIGŁOWIEC-BUDYNEK

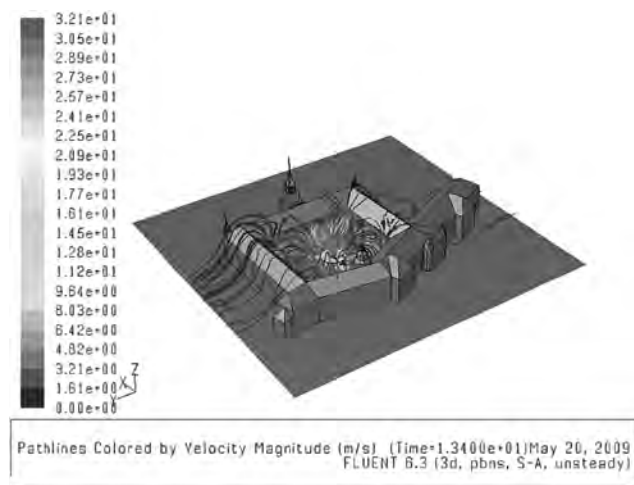
Śmigłowiec, znajdując się blisko budynku, może w pewnych przypadkach wywołać bardzo niekorzystne zjawiska wynikające ze wzajemnego oddziaływania strumieni generowanych wirnikami na obiekty, zwłaszcza o szczególnych kształtach. Do charakterystycznych przypadków, w których powinno się ostrzegać pilota przed nietypowymi zachowaniami się układu śmigłowiec-obiekt należą: starty, lądowania i operacje w zawisie nad obiektami w kształcie „studni”, prace w zawisie po zawietrznej za niskim budynkiem lub nadbudówką albo nad skośnym dachem, zawis blisko ściany budynku czy zawis niski nad krawędzią dachu, zwłaszcza po stronie zawietrznej.

Zawis nad „studnią”

Akcje nad nietypowymi obiektami w kształcie „studni” wymagają szczególnej uwagi, gdyż w miarę zniżania się w kierunku dziedzińca należy spodziewać się, w wyniku tworzenia się zawirowań typu „eye owl”, wzrostu mocy niezbędnej a przy nie centrycznym położeniu śmigłowca względem ścian budynku, pojawiania się dodatkowo sił działających na kadłub w kierunku tych ścian.

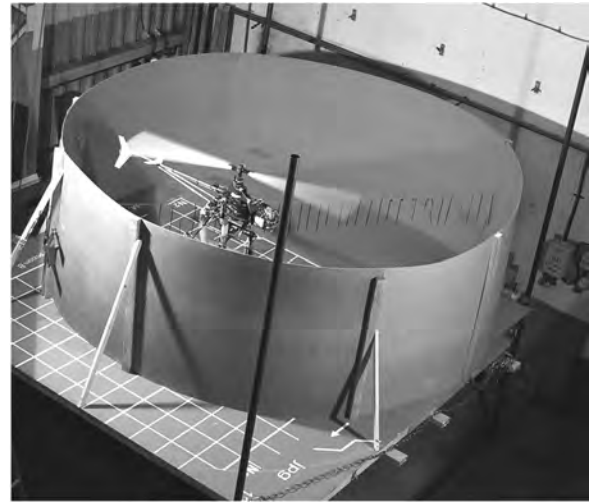
Obliczenia oprogramowaniem FLUENT™ i badania eksperymentalne przeprowadzone na specjalnym stanowisku potwierdzają te obawy.

Jako przykładową ilustrację podano na rysunku 15 obraz linii prądu wywołanych podczas symulowanego lądowania śmigłowca Sokół na dziedzińcu Zamku Królewskiego w Warszawie. Widoczne są charakterystyczne zaburzenia opływu w wyniku interferencji wirnik – obiekt [1, 8].

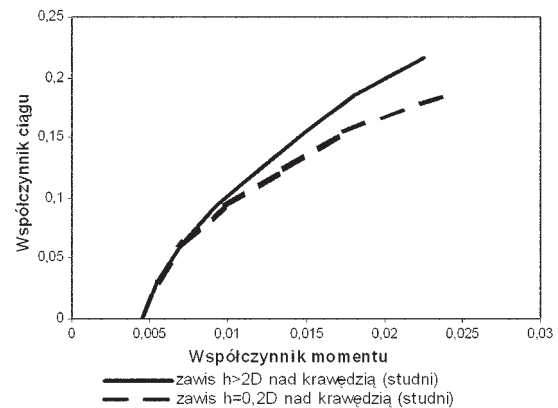


Rys. 15. Obliczenia oprogramowaniem FLUENT linii prądu wywołanych dla symulowanego lądowania śmigłowca Sokół na dziedzińcu Zamku Królewskiego w Warszawie [1, 8]

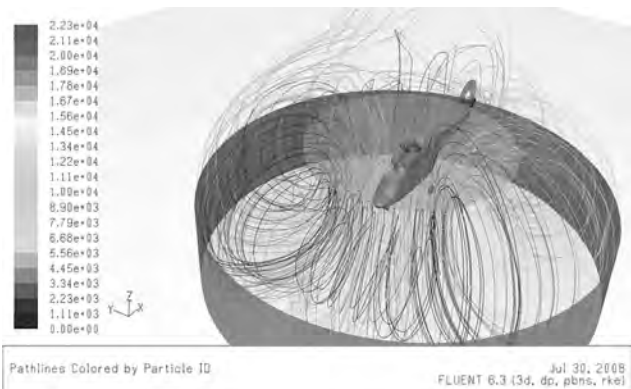
W badaniach doświadczalnych na stanowisku model śmigłowca – studnia o cylindrycznym kształcie (rys. 16), gdzie model śmigłowca zamocowano na wadze aerodynamicznej oceniono parametry układu (obciążenia, opływ) związane ze zjawiskiem interferencji. Między innymi jej oddziaływanie na obciążenia wypadkowe zamieszczono na rysunku 17 w postaci biegunowej wirnika. Widać istotny wpływ studni na pobór mocy przez wirnik modelu śmigłowca. Przeprowadzone obliczenia dla skali rzeczywistej układu (rys. 18 i [11]) potwierdzają charakter zjawiska przebadany empirycznie na modelu.



Rys. 16. Pomiar na stoisku interferencji model śmigłowca – studnia



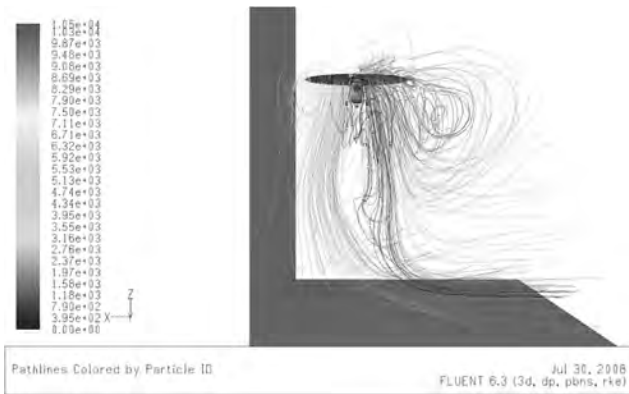
Rys. 17. Wpływ bliskości „studni” na biegunową wirnika - wielkość ciągu wirnika w funkcji momentu obrotowego na wale [11]



Rys. 18. Analiza obliczeniowa oprogramowaniem FLUENT zawisu nad studnią śmigłowca rzeczywistego dla proporcji wymiarowych śmigłowiec – studnia o kształtach regularnych jak w badaniach stoiskowych [1, 3, 8]

Zawis blisko ściany

Opływ w pobliżu ściany (bez wiatru i z wiatrem), w porównaniu do zawisu w oddaleniu od ściany, wywołuje niewielki efekt „przysysania” w kierunku ściany i dodatkowo wpływa na pracę śmigła ogonowego, w zależności od pozycji śmigłowca względem ściany. Należy mieć to na uwadze zwłaszcza przy długotrwałym zawisie i kontrolować zapas odległości krawędzi wirnika od ściany.



Rys. 19. Obraz linii prądu w zawisie śmigłowca blisko ściany [1]

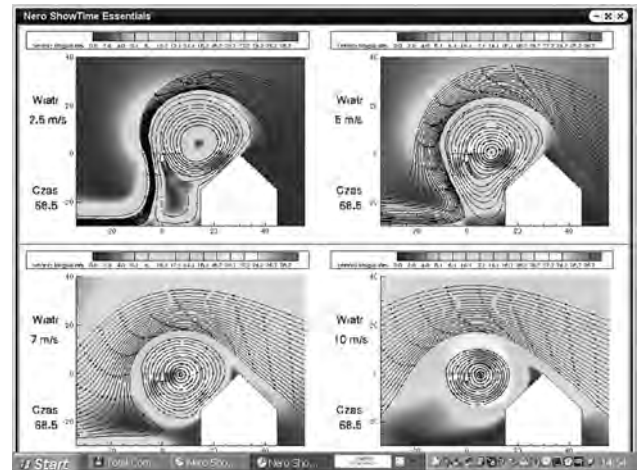
Zawis po zawietrznej: zbocze, dach, hangar

Szczególnie niebezpieczne zjawisko interferencji śmigłowca – obiekt może pojawić się podczas wykonywania niskiego zawisu po zawietrznej nad skośnym zboczem, nad skośnym dachem czy też za niskim budynkiem lub nadbudówką budynku o kształcie prostopadłościanu ale na wysokości kadłuba nad płaską powierzchnią równą promieniowi do średnicy wirnika. Zjawisko takie może się potęgować jeśli wirnik jest na poziomie szczytu zbocza lub dachu. Wtedy strumień wywołany wirnikiem od strony nawietrznej śmigłowca jest wypychany do góry i po minięciu krawędzi zbocza lub dachu jest zdmuchiwany wiatrem nad śmigłowca. Szczególny przypadek występuje wówczas jeśli strumień ten byłby zassany przez zawietrzną stronę dysku wirnika. Może to spowodować znaczne trudności w utrzymaniu poziomego położenia śmigłowca.

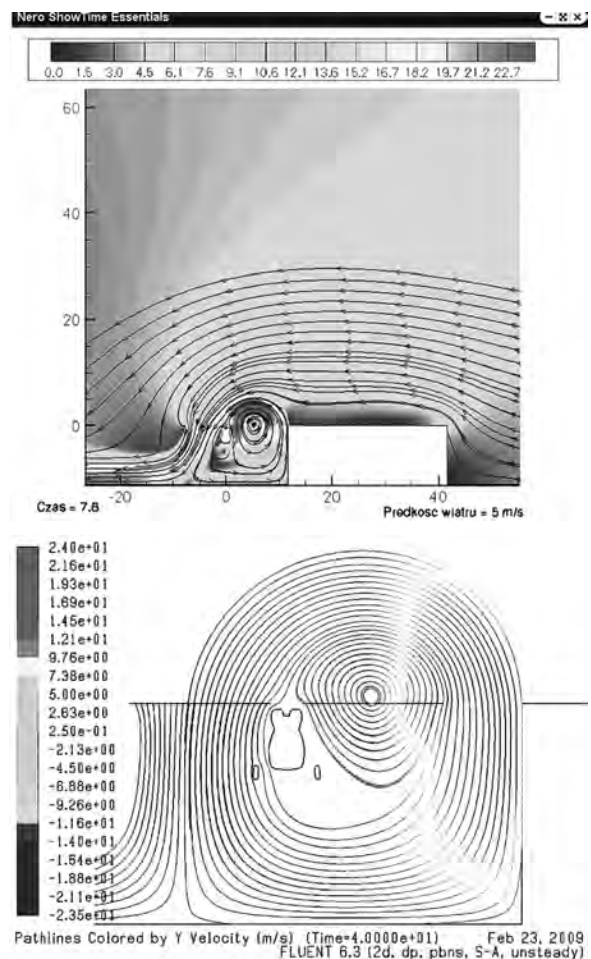
Modelowanie takiego opływu zasygnalizowano na rysunkach 20÷25. Obliczenia wykonane dla modelu 2D ilustrują możliwość zaistnienia takiego zjawiska. Badania eksperymentalne nie zostały jeszcze przeprowadzone ale hipoteza wydaje się prawdopodobna. Wprowadzenie modelu sterowania w celu utrzymania warunków równowagi powinno pogłębić problem i wzmocnić formowanie się „kulistego wiru indukowanego”.



Rys. 20. Parametry geometryczne rzeczywistej konstrukcji dachu budynku [6]



Rys. 21. Modelowanie opływu układu śmigłowca dach skośny dla różnych prędkości wiatru [1]

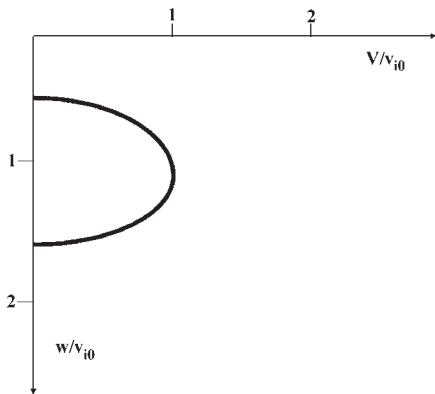


Rys. 22. Zawis po zawietrznej na średniej wysokości za hangarem (nadbudówka) w proporcjach wymiarowych ułatwiających powstanie się szczególnego obrazu interferencji utrudniającej sterowanie śmigłowcem [1]

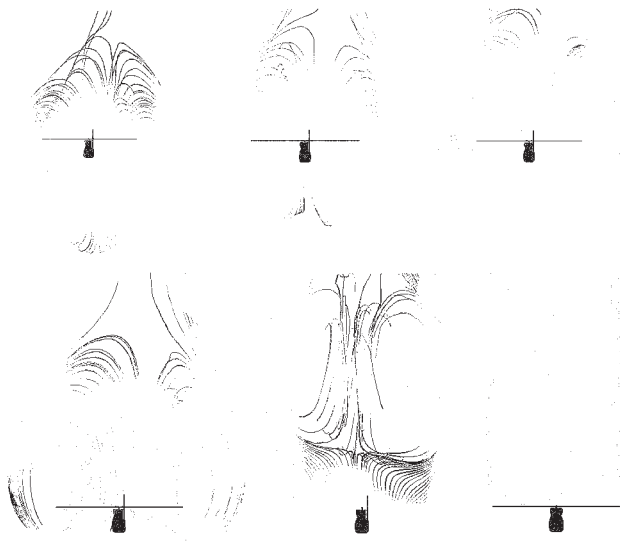
7. PODMUCHY TERMICZNE – KONWEKCYJA

Poważnym zagrożeniem dla akcji prowadzonych w miastach są prądy konwekcyjne wynikające z różnicy temperatur terenu i obiektów względem temperatury otaczającego powietrza wywołanych przez pożar, generatory strumieni ciepła (wyloty klimatyzatorów, układy kominowe o dużych wydatkach), operacje słońca (kontrastowe nagrzania ścian i/lub dachów albo terenu np. place asfaltowane w pobliżu

trawników). Wykonywanie zawisu w prądzie wstępującym stwarza zagrożenie wynikające z możliwości znalezienia się śmigłowca w obszarze pierścienia wirowego bez jakiegokolwiek informacji ostrzegającej. W technice śmigłowcowej nie ma jeszcze realnej możliwości oceny prędkości pionowych opływu śmigłowca. Wskazania wariometru informują o ruchu pionowym śmigłowca względem ziemi a duży obszar zaburzeń wokół śmigłowca wywołany wirnikiem nośnym o dużej średnicy praktycznie uniemożliwia oceny z wykorzystaniem sond. Nawet niewielki prąd wznoszący w przypadku manewru zniżania może być niebezpieczny. Na rysunku 23 pokazano obszary występowania pierścienia wirowego a na rysunku 24 obraz tworzenia się pierścienia w opadaniu pionowym.



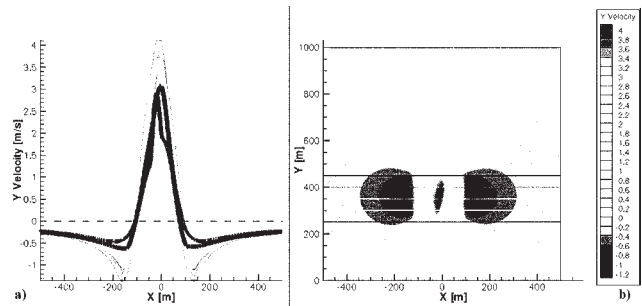
Rys. 23. Granice obszaru pierścienia wirowego na wirniku nośnym, gdzie: pozioma prędkość lotu V/v_{10} , pionowa prędkość lotu w/v_{10} pf. Prędkość odniesienia jest prędkością indukowaną w zawisie v_{10}



Rys. 24. Linie prądu w obszarze tworzenia się pierścienia wirowego w opadaniu pionowym [1]

Na rysunku 25 i 26 pokazano dwa przypadki konwekcji – mogącej stanowić zagrożenie dla wykonywania prac śmigłowca w zawisie: „komin” termiki wypracowanej i prąd wznoszenia wywołany nagraniem elementu budynku [2, 12].

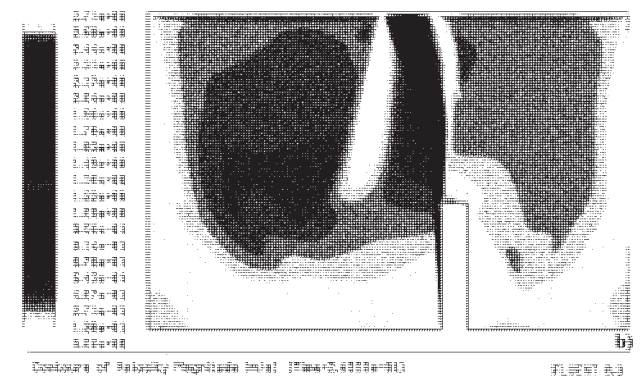
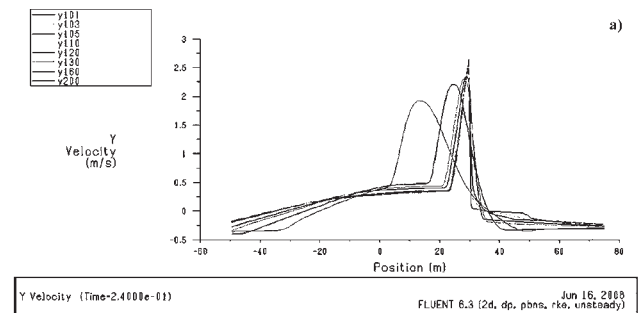
Różnice temperatury, wynikające z kontrastu podłoża, mogą wywoływać powstawanie prądów wstępujących (znanych w szybownictwie pod nazwą kominów termicznych). Modelowaniu poddano przypadek nagrzania do kilkudziesięciu stopni pola o promieniu 100 m (rys. 25b). Pojawił się wówczas prąd wstępujący o prędkości kilku m/s (rys. 25a).



Rys. 25. Prąd wstępujący wywołany kontrastem termicznym terenu, a – rozkłady prędkości wznoszenia, b – pole prędkości w „kominie” termicznym

Warto zwrócić uwagę na charakterystyczny kształt zaburzenia przypominający wznoszący się obszar powietrza o kształcie wirującego torusa [12].

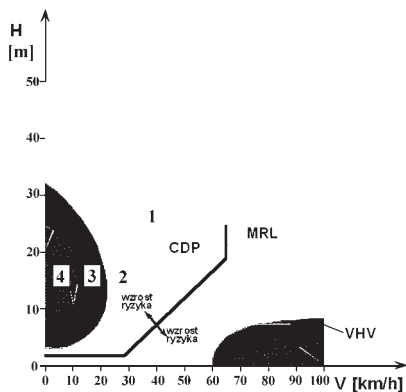
Drugim przypadkiem jest ocena modelowa prądu wznoszącego wywołanego kontrastowym nagraniem się jednej ze ścian wieżowca. Wywołany prąd wstępujący o prędkości kilku m/s (rys. 26) również może istotnie przybliżyć granice pierścienia wirowego dla śmigłowca operującego w zawisie nad dachem.



Rys. 26. Prąd wstępujący wywołany kontrastem termicznym ścian budynku, a – rozkłady prędkości wznoszenia, b – pole prędkości wznoszenia nad dachem [2].

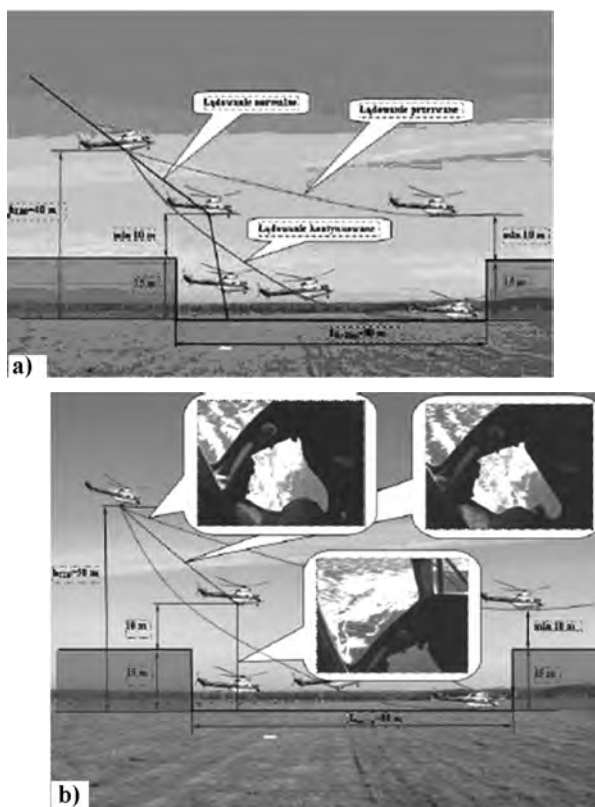
8. PROBLEMY AWARII NAPĘDU W LOTACH ŚMIGŁOWCÓW W MIASTACH

Problemy spowodowane awarią napędu w terenie zabudowanym są podobne do znanych jako klasyczne przypadki w użytkowaniu śmigłowców. Nadal obowiązują granice stref HV (rys. 27). Różnice dotyczą przede wszystkim trudności wykonywania startów i lądowań z ograniczonych zabudową niewielkich rozmiarów powierzchni lądowisk naziemnych lub wyniesionych.



Rys. 27. Strefy H-V dla śmigłowca wielosilnikowego. 1 - obszar bezpiecznego odlotu po awarii jednego silnika (OEI), 2 - strefa bezpiecznego lądowania, 3 - strefa twardego lądowania, 4 - strefa lądowania z rozbięciem, MRL - linia minimalnego ryzyka odnosząca się do doboru parametrów H i V podczas wykonywania normalnych startów i lądowań

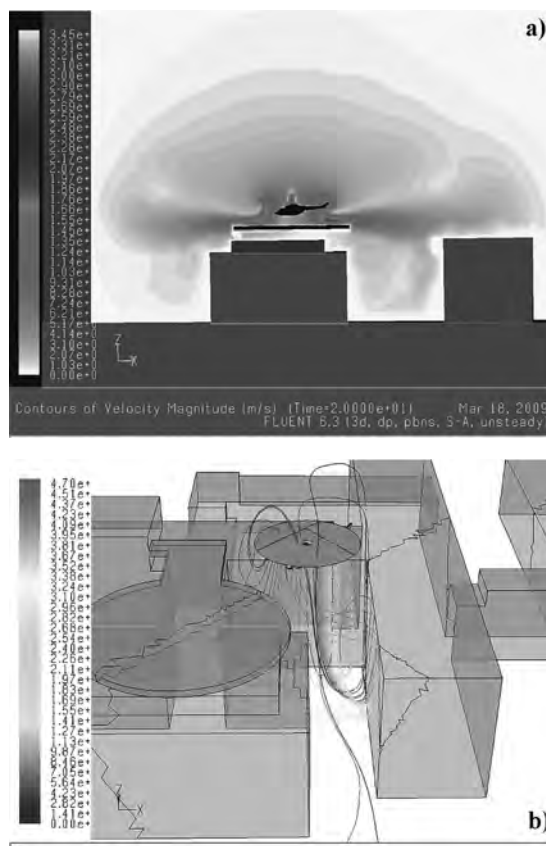
W terenie zurbanizowanym obowiązują specjalne procedury startów i lądowań pozwalające wrócić na lądowisko po awarii napędu poniżej krytycznych punktów decyzji, a i wysokości tego punktu muszą uwzględnić zapasy wysokości od przeszkód na trasie odlotu w warunkach OEI. Trzeba również się liczyć z koniecznością omińnięcia ewentualnych przeszkód np. w postaci wysokich budynków, na torze lotu po awarii napędu. Typowe schematy startów i lądowań przedstawiono na rysunku 28. W zależności od parametrów geometrycznych zabudowy i parametrów śmigłowca (klasa I, kategoria A dla różnych nadmiarów mocy, obecność wyższych i bardziej zróżnicowanych przeszkód) wartości parametrów charakterystycznych punktów torów mogą być inne, natomiast ideowy schemat wykonywania manewru bezpieczeństwa pozostaje taki sam, jak na rysunku 28.



Rys. 28. Typowe schematy startów i lądowań na zabudowanym lądowisku. a - tory lądowań, b - tory startów (pokazano kontrolnie możliwość obserwacji punktu przyziemienia) [7].

9. UŻYTKOWANIE WYNIESIONYCH LĄDOWISK PRZYSZPITALNYCH

Istotnym problemem użytkowania śmigłowców w miastach jest zapewnienie możliwości startów i lądowań śmigłowców sanitarnych jak najbliżej szpitali. Charakterystyczną cechą takiego użytkowania w wielkich aglomeracjach są częste loty śmigłowców zarówno w dzień jak i w nocy. W przypadku, kiedy nie udaje się zbudować lądowiska naziemnego, wykonuje się lądowiska wyniesione m.in. na dachach szpitali. W tym przypadku, ważne jest rozwiązanie interferencji śmigłowiec-budynek-szpital z punktu widzenia oddziaływania strumienia zawirnikowego zarówno ze względu na działanie dynamiczne podmuchu, jak i na rozprzestrzenianie się spalin silników wraz z tym podmuchem. Wstępne analizy mogą być przeprowadzone z wykorzystaniem oprogramowania FLUENT™ umożliwiając ocenę zaburzeń opływu na płaszczyznach ścian budynków (rys. 29)



Rys. 29. Zaburzenia wywołane przez śmigłowiec w przypadku użytkowania na dachowym lądowisku. a - przyziemienie na platformie lądowiska, b - podejście do lądowania na platformie - obraz zaburzeń opływu ścian budynku [1]

10. PROBLEMY UŻYTKOWANIA ŚMIGŁOWCÓW W AGLOMERACJACH MIEJSKICH O WYSOKIEJ ZABUDOWIE WYMAGAJĄCE ROZWIĄZANIA

Jako problemy wymagające rozwiązania należy wymienić:

- udoskonalanie sprzętu śmigłowcowego i przystosowanie go do specyfiki operacji w miastach. Powinny to być śmigłowce przede wszystkim klasy pierwszej osiągowej, o niskim poziomie generowanego hałasu, szczególnie przystosowane do akcji specjalnych umożliwiające łatwy załadunek i wyładunek osób,

- śmigłowce powinny być wyposażone w specjalne układy m.in. układy pomocnicze ostrzegawcze i doradcze umożliwiające ostrzeganie przed bliskością granic stref HV i pierścienia wirowego, ostrzeganie przed bliskością przeszkód (budynków), pozwalające na skanowanie otoczenia i współpracę z trójwymiarową mapą otoczenia ułatwiającą m.in. nawigację, oprzyrządowanie do pomiaru małych prędkości opływu powietrza, zarówno odnośnie do małych prędkości poziomych, jak i pionowych prędkości prądu [4, 9, 10] wznoszącego oraz obserwację przy pomocy kamer martwych pól otoczenia śmigłowca. Ponadto śmigłowce należy wyposażyć w systemy antykolizyjne, układy przeziernie, rejestratory parametrów lotu i komputery pokładowe ułatwiające pilotowi zarządzanie lotem a dla centrów decyzyjnych zarządzanie flotą śmigłowców użytkowanych w miastach,
- należy stworzyć wspólny system szkolenia załóg użytkujących śmigłowce w miastach uwzględniając specyfikę prowadzonych tam lotów [6],
- należy położyć nacisk na pogłębienie wiedzy z punktu widzenia „aerodynamiki miasta” i stworzyć bank informacji o turbulencji w miastach, szczególnie dla krytycznych punktów zabudowy, mogących w pewnych warunkach opływu stwarzać zagrożenie dla użytkowników śmigłowców,
- należy także, przy projektowaniu budynków, uwzględnić wymagania lotnictwa śmigłowcowego,
- warto rozważyć, dla zadań specjalnych, celowość stosowania w miastach wiroplątów bezzałogowych, przydatnych dla bezpiecznego dostarczania informacji o zagrożeniach (pożary, skażenia, obserwacja innych zagrożeń).

Pracę wykonano w ramach projektu badawczo-rozwojowego MNiSW nr R 00 033 02.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **Sobczak K.:** *Modelowanie wybranych przypadków lotu śmigłowca z wykorzystaniem oprogramowania FLUENT.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [2] **Świdorski K.:** *Modelowanie numeryczne opływu budynków. Wpływ zjawiska konwekcji na pole przepływu.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [3] **Łusiak T., Dziubiński A., Szumański K.:** *Modelowanie numeryczne oraz badania eksperymentalne szczególnych przypadków zjawiska interferencji aerodynamicznej śmigłowca.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [4] **Mioduszewski A.:** *Radarowy miernik odległości od przeszkody dla śmigłowców ratowniczych.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [5] **Kaiser M.:** *Badania tunelowe przepływu powietrza w otoczeniu wysokich budynków.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [6] **Czerwienko D., Kaczmarzyk S.:** *Określanie granicznych warunków użytkowania śmigłowców w systemie operacji z wysokich budynków.* Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej, 2008 r.
- [7] *Sprawozdanie z prób w celu wypracowania procedur pionowych startów i lądowań w ograniczonej przestrzeni dla śmigłowca PZL Sokół W-3A,* Nr 1LSP-37/476/1, 2009 r.
- [8] **Dziubiński A., Stalewski W., Żółtak J.:** *Przykłady zastosowania pakietu FLUENT™ w analizach bezpieczeństwa lotu śmigłowców.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [9] **Stanisławski J.:** *Określenie granic obszaru HV i przewidywanie manewru po awarii śmigłowca.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [10] **Popowski S.:** *Pomiar małych prędkości względem powietrza w badaniach śmigłowców.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.
- [11] **Kacprzyk J., Kania W.:** *Raport z badań - badania modelu śmigłowca na stoisku pomiarowym: „Porównanie wyników interferencji opływu wirnika w obecności różnych obiektów dla dwu modeli śmigłowca o różnej wielkości”.* Nr Raportu: 110/BA/07/P, 2007 r.
- [12] **Folusiak M.:** *Modelowanie numeryczne pola przepływu wokół budynków.* Prace Instytutu Lotnictwa 2008, nr 194-195.

K. Szumański

HELICOPTERS FLIGHTS OVER THE URBANIZED GROUNDS (METROPOLITAN AREAS WITH HIGH-RISE BUILDINGS)

Summary

This article presents problems associated with the performance of helicopter flights, particularly in cities with high-rise buildings. The problems relating to performing the flights in the immediate vicinity of buildings including disordering buildings overflow caused by wind and/or helicopter – building aerodynamic interference and also take-off's and landings on the urbanized grounds with taking into account the possibility of powerplant failure.

К. Шуманьски

ПОЛЕТЫ ВЕРТОЛЕТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ (ГОРОДСКИЕ АГЛОМЕРАЦИИ С ВЫСОКОЙ ЗАСТРОЙКОЙ)

Резюме

В статье представлены проблемы связанные с выполнением полетов вертолета в городах, особенно с высокой застройкой. Представлено проблемы которые касаются выполнения полетов в непосредственной близости заданий, учитывая нерегулярное обтекание зданий вызванное ветром и/или аэродинамической интерференцией вертолет-здание, а также стартов и посадок на застроенной территории с учетом возможной аварии двигателя.