

Warszawa, 29 czerwca 2018 roku

# XIII KRAJOWE FORUM WIROPLATOWE

INSTYTUT LOTNICTWA



MATERIAŁY KONFERENCYJNE  
STRESZCZENIA REFERATÓW



## XIII KRAJOWE FORUM WIROPLATOWE

### CELE I ADRESACI:

XIII Krajowe Forum Wiroplątowe to konferencja naukowa i spotkanie osób zainteresowanych tematyką wiroplątów. Podtrzymujemy w ten sposób tradycję zapoczątkowaną w 1995 r.

Celem Forum jest stworzenie możliwości prezentacji wyników badań, wymiany informacji o działalności, osiągnięciach i problemach związanych z wiroplątami w Polsce oraz za granicą. Zgodnie z praktyką sprawdzoną w ramach poprzednich konferencji oczekujemy referatów związanych z szeroko pojętą tematyką śmigłowcową; produkcja, eksploatacja, nadzór, badania, rozwój i szkolenie mogą być tematem prezentacji na konferencji. Przewidujemy możliwość wygłoszenia referatów przeglądowych, oraz prezentacji wyrobów związanych z techniką śmigłowcową. Planujemy uczestnictwo gości zagranicznych.

### ORGANIZATOR:

- Instytut Lotnictwa w Warszawie

### WSPÓŁORGANIZATORZY:

- Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych
- Politechnika Warszawska
- Politechnika Lubelska





**KOMITET NAUKOWY:**

- Przemysław Bibik - Politechnika Warszawska
- Martin Bugaj - Žilinská Univerzita v Žiline, Slovensko (Słowacja)
- Dariusz Frątczak – Centrum Kształcenia Kadr Lotnictwa Europy Środkowo-Wschodniej Politechniki Śląskiej
- Jerzy Klimkowski – PZL Świdnik
- Robert Konieczka – Politechnika Śląska
- Grzegorz Kowaleczko – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych
- Wiesław Krzymień – Instytut Lotnictwa
- Tomasz Łusiak – Politechnika Lubelska
- Janusz Narkiewicz – Politechnika Warszawska
- Andrej Novak - Žilinská Univerzita v Žiline, Slovensko (Słowacja)
- Krzysztof Sibilski – Politechnika Warszawska
- Kazimierz Szumański – Instytut Lotnictwa

**BIURO ORGANIZACYJNE:**

Magda Wiejacha

Instytut Lotnictwa

al. Krakowska 110/114

02-256 Warszawa

T: (22) 846 00 11 wew. 547

E: [magda.wiejacha@ilot.edu.pl](mailto:magda.wiejacha@ilot.edu.pl)





## SPIS TREŚCI:

A SUCCESS OF AUTOMATIC CONTROL LAWS FOR MULTI ROTOR RPAS FLIGHT CONTROL AND ITS INFLUENCE ON FLIGHT SAFETY IN SEVERAL SEGMENTS OF AVIATION .....	5
BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWANIA ŚMIGŁOWCOWYCH LĄDOWISK WYNIESIONYCH W KONTEKŚCIE WPŁYWU AERODYNAMICZNEGO SĄSIADUJĄCYCH OBIEKTÓW .....	7
EKSPERYMENTALNE I NUMERYCZNE METODY BADAŃ NIESTACJONARNEGO ODDZIAŁYWANIA STRUMIENIA PODWIRNIKOWEGO NA PŁYTĘ LĄDOWISKA .....	9
EKSPERYMENTALNE PORÓWNANIE DWÓCH METOD STEROWANIA ŚMIGŁOWEGO ZESPOŁU NAPĘDOWEGO DO ZASTOSOWANIA W WIELOWIRNIKOWYCH STATKACH POWIETRZNYCH .....	10
INTERFERENCJA AERODYNAMICZNA WIELOWIRNIKOWEGO STATKU POWIETRZNEGO Z MOŻLIWOŚCIĄ LOTU AUTOROTACYJNEGO .....	12
OCENA ODDZIAŁYWANIA WIRNIKA NOŚNEGO ŚMIGŁOWCA NA OTOCZENIE .....	16
PROCES BUDOWY PROTOTYPOWYCH ŁOPAT KOMPOZYTOWYCH DO ŚMIGŁOWCA ILX 27 .....	17
PROJEKT WSTĘPNY BEZZAŁOGOWEGO APARATU LATAJĄCEGO W UKŁADZIE GYRODYN .....	18
REALIZACJA PROJEKTU HELIMARIS W UJĘCIU NUMERYCZNYM I SYMULACYJNYM .....	19
ROZWÓJ METOD ANALIZY AEROELASTYCZNEJ WIRNIKA ŚMIGŁOWCOWEGO .....	21
STANOWISKO DO BADAŃ IZOLOWANYCH UKŁADÓW WIRNIKA NOŚNEGO .....	22
SYMULACYJNY MODEL DO WYZNACZANIA OBCIĄŻEŃ POWIERZCHNI LĄDOWISKA W TRAKCIE STARTU LUB LĄDOWANIA ŚMIGŁOWCA .....	23
SYSTEM AUTOMATYCZNEJ OCENY EFEKTYWNOŚCI PILOTAŻU ŚMIGŁOWCA .....	24
URZĄDZENIE DO RATOWNICTWA POWIETRZNEGO Z OBIEKTÓW WODNYCH .....	25
WIATRAKOWCE DWUSILNIKOWE FUSIONCOPTER .....	27
WIROPŁATY W IMPLEMENTACJI PBN ICAO .....	29
WSTĘPNA ANALIZA ODDZIAŁYWANIA NA OTOCZENIE ŚMIGŁOWCÓW NA LĄDOWISKACH SOR .....	31
WSTĘPNY PROJEKT UKŁADU STEROWANIA WIATRAKOWCEM .....	32

Piotr Masłowski

*Instytut Lotnictwa*

Strona | 5

## **A SUCCESS OF AUTOMATIC CONTROL LAWS FOR MULTI ROTOR RPAS FLIGHT CONTROL AND ITS INFLUENCE ON FLIGHT SAFETY IN SEVERAL SEGMENTS OF AVIATION**

Proposed paper is focused on the analysis of several aspects and consequences of control theory success within the field of multiple rotor RPAS (Remotely Piloted Aerial Systems), flight control. This success has resulted in the emergence and great popularity of drones having multi rotor configurations (“N copters”), especially electrically propelled and being easy accessible for a great number of professional and amateur operators, owners, fans of aviation, and many others. This defines a kind of “revolutionary change” in many aspects of Aviation, taken into account as a whole, by introducing serious challenges into flight safety problem within almost all sectors of Aviation. An analysis of some selected aspects of this safety problem on the background of current and forecasted success of “N copters” as well as, on the background of potential accessible performance of such vehicles, determines the main aim of proposed paper and presentation.

The emergence of aforementioned multi rotor, electrically propelled drones has been possible due to grand and revolutionary development achieved in many technical areas adjacent to aviation / avionic applications. The paper starts with short characteristics of such sine qua non achievements, i.e.:

- Lightweight and effective batteries capable to assure a reasonable time period for a flight of drone;
- Lightweight and effective electrical motors, well fitted for drone’s propulsion requirements;
- Achievements of MEMS technology within the area of measuring systems, including inertial sensors, pressure sensors and many of other types interested from the avionics and flight control point of view;
- Achievements of satellite navigation technologies;
- Development of lightweight and cheap digital controllers, capable to execute the appropriate automatic flight control laws;
- Achievements in telecommunication and optoelectronic modules for RPAS applications.



All of listed above is not enough for “N copters” success – in fact, the wide accessibility of these technologies for low prices is a key for discussed problem. The main part of paper is aimed at the impact exerted by “N copters” success on flight safety within several areas of Aviation, with special stress on flights performed within the frames of General Aviation. Presented discussion is divided into some main sub problems listed below.

- Examples and characteristics of threats on the background of typical performance of popular and easy accessible “N copter” RPAS – an anticipation of potentially threat generating situations, classification of such cases, etc.;
- Short description of a structure of existing regulations and discussion of some potential inconsistencies, which seem to be not enough clearly stressed yet;
- A list for crucial problems, not solved yet;
- Proposition for future technical solutions, discussion of feasibility, realizability, etc.

In concluding remarks a possible, future regulations for mitigating considered problem are also addressed briefly, however the main stress is put on technical solutions, and possible future propositions for RPAS as well as for General Aviation aircraft avionics.



Adam Dziubiński, Kazimierz Szumański

*Instytut Lotnictwa*

Strona | 7

## **BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWANIA ŚMIGŁOWCOWYCH LĄDOWISK WYNIESIONYCH W KONTEKŚCIE WPŁYWU AERODYNAMICZNEGO SĄSIADUJĄCYCH OBIEKTÓW**

W referacie omówiony zostanie na przykładach analiz numerycznych, eksperymentów oraz zarejestrowanych zdarzeń, wpływ aerodynamiczny zjawisk powstających w śladzie za obiektami otaczającymi lądowiska śmigłowcowe, szczególnie te wyniesione. W zależności od tego, czy objekty te znajdują się w stałym strumieniu powietrza, czy następuje gwałtowny podmuch wiatru, różnie może się kształtować przepływ za takim obiektem i mogą powstawać zjawiska potencjalnie niebezpieczne a niewidoczne dla pilota śmigłowca lecącego gdzieś w śladzie, który ani nie przeczuwa, ani nie widzi podmuchu. Celowe jest więc opracowanie metod analizy takich zjawisk, wypracowanie schematów i wprowadzenie ich np. do symulatorów lotu. Takie modele mogą służyć w celu bezpiecznego opracowania procedur, a następnie skutecznego przeszkolenia pilotów jak mają reagować w danym etapie lotu, jeśli zaistnieje zjawisko nagłego podmuchu a będą oni się znajdować w interferencji z jakimś dużym obiektem: wieżowcem, hangarem czy zboczem górskim. W konsekwencji może to również zaowocować rozwiązaniami proceduralnymi przy opracowywaniu bądź ścieżek podejścia na lądowiska wyniesione, bądź procedur lądowania, w przypadku prowadzenia operacji przy niestabilnych warunkach pogodowych.

W przypadku stosowania opracowanych wyżej modeli w symulacji lotu, istotne jest, aby symulacja uwzględniała aerodynamikę w czasie rzeczywistym. Ważne jest też, aby przestrzennie obszary dużej turbulencji bądź wiru schodzącego z obiektu, albo wir początkowy, znajdowały się we właściwych przestrzennie pozycjach w śladzie obiektu (pilot wie których obszarów unikać), oraz – co już jest bardzo trudne – żeby aerodynamika budynków obliczana była w czasie rzeczywistym. Są tu dwie drogi, albo opracowanie szablonu przestrzennego wpływu wiatru – w który będzie wyposażony każdy budynek w scenerii symulatora, albo uproszczona symulacja CFD na bardzo rzadkiej siatce – może którąś z metod siatki wirowej, bądź panelową – w celu uchwycenia interakcji ze strumieniem podwirykowym. Uważnie trzeba się tu przyjrzeć symulatorom komercyjnym (sprzedawanym jako gry), które posiadają model zaburzenia za samolotami pasażerskimi, modelujący zarówno wir zaskrzydłowy (który potrafi obrócić mały samolot w powietrzu do góry kołami), jak i strumień



zasilnikowy (potrafi zdmuchnąć z pasa), za pomocą bardzo podobnie pomyślanych, uproszczonych, działających w czasie rzeczywistym procedur.

Referat ma na celu rozpoczęcie dyskusji nad metodami opracowania wyżej wymienionych rozwiązań, ponieważ większość elementów składowych już jest, trzeba tylko utworzyć zespół który byłby w stanie poskładać je w całość.





**Paweł Ruchała, Wit Stryczniewicz, Wiesław Zalewski, Grzegorz Krysztofiak, Adam Dziubiński,  
Małgorzata Wojtas, Kazimierz Szumański**

Strona | 9

***Institut Lotnictwa***

## **EKSPERYMENTALNE I NUMERYCZNE METODY BADAŃ NIESTACJONARNEGO ODDZIAŁYWANIA STRUMIENIA PODWIRNIKOWEGO NA PŁYTĘ LĄDOWISKA**

W ciągu ostatnich kilku lat w Polsce nastąpił wyraźny wzrost liczby lądowisk śmigłowcowych – w dużej mierze przeznaczonych dla śmigłowców sanitarnych. W przybliżeniu, co siódme nowo wybudowane lądowisko to lądowisko wyniesione – a więc umieszczone nie na powierzchni gruntu, ale na dachu budynku lub na specjalnie zaprojektowanej konstrukcji wsporczej.

Problematyka projektowania i budowy lądowisk wyniesionych w Polsce nie jest dobrze znana – najstarsze lądowisko z obecnie wpisanych do rejestru lądowisk ULC powstało przy Regionalnym Szpitalu Specjalistycznym im. dr W. Biegańskiego w Grudziądzu w 2011 r., zaledwie kilka lat temu. W związku z tym, architekci napotykają na wiele nieznanych im problemów, nierzadko decydujących o przydatności lądowiska. Jednym z takich problemów jest zagadnienie niestacjonarnego obciążenia płyty lądowiska, wywołane pulsacją strumienia podwirnikowego generowanego przez wirnik nośny lądującego lub startującego śmigłowca. Niestety, bezpośrednie oddziaływanie lądujących helikopterów na budynki poprzez emitowane drgania i wibracje oraz wywołujące turbulencje opływu ma istotny wpływ nie tylko na ich funkcjonalność, ale także na trwałość konstrukcji budynków powodując ich degradację w czasie. (Wąchalski 2016). Zagadnienie to jest tym istotniejsze, że w przypadku lądowisk przyszpitalnych dopuszczalne poziomy drgań są wyraźnie niższe, niż dla lądowisk ogólnego przeznaczenia, ze względu na warunki pracy aparatury medycznej.

W artykule przedstawiono wyniki wstępnych badań niestacjonarnego oddziaływania strumienia podwirnikowego na płytę lądowiska, przeprowadzone z wykorzystaniem anemometrii obrazowej PIV, pomiaru ciśnień oraz na drodze obliczeń CFD. Badania dotyczyły dwułopatowych wirników o średnicy 7.9 m (CFD i pomiary ciśnień) oraz 0.7 m (pomiary ciśnień i PIV). Wyniki badań potwierdziły przydatność rozpatrywanych metod do dalszych badań, jak również dostarczyły cennej wiedzy praktycznej, wytyczając drogę do dalszych badań, ukierunkowanych na opracowanie ogólnego modelu zachodzących zjawisk.



**Przemysław Bibik, Jakub Kątski**

**Politechnika Warszawska**

Strona | 10

## **EKSPERYMENTALNE PORÓWNANIE DWÓCH METOD STEROWANIA ŚMIGŁOWEGO ZESPOŁU NAPĘDOWEGO DO ZASTOSOWANIA W WIELOWIRNIKOWYCH STATKACH POWIETRZNYCH**

W ostatnich latach zaobserwować można bardzo gwałtowny rozwój bezzałogowych, wielowirnikowych statków powietrznych. Konstrukcje te ze względu na swoje charakterystyki bardzo szybko znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach życia, zarówno wśród amatorów, jak i w zastosowaniach profesjonalnych. W ostatnim czasie pojawiły się również prototypy maszyn załogowych wykorzystujących napęd pochodzący od wielu śmigieł napędzanych silnikami elektrycznymi. Obecnie wiele projektów tego typu maszyn powstaje w ramach konkursów związanych z opracowaniem powietrznych taksówek – automatycznych statków powietrznych zdolnych do transportu kilku osób na niewielkim obszarze.

Jednym z powodów, dla których małe wielowirnikowce zyskały tak dużą popularność jest prostota ich konstrukcji i sterowania. W odróżnieniu od śmigłowców posiadających tarczę sterującą i skomplikowaną mechanizację wirników, w wielowirnikowych statkach powietrznych stosuje się śmigła o stałym skoku, a sterowanie polega na zmianie prędkości obrotowej wybranych silników, co prowadzi do wytworzenia różnic sił ciągu na poszczególnych śmigłach, a w konsekwencji do generowania odpowiednich sił i momentów sterujących. Zaletą tego typu rozwiązania, jest jego prostota mechaniczna, która przekłada się również na niską masę, posiada ono jednak również szereg wad. Sterowanie prędkością obrotową silników może nie być efektywne przy próbie przeskalowania rozwiązania na duże, załogowe statki powietrzne. Wiąże się to ze wzrostem momentu bezwładności obracających się części silników, wałów i całego zespołu śmigła. Wydaje się, że w dużych rozwiązaniach znacznie bardziej efektywnym rozwiązaniem jest sterowanie skokiem ogólnym śmigieł. Takie rozwiązanie może mieć również wielkie znaczenie w przypadku sytuacji awaryjnych i prób wprowadzenia statku powietrznego w stan autorotacji.

W pracy przedstawiono po krótko historię i początki wielowirnikowych statków powietrznych, którymi zaczęto się interesować już w latach 20. poprzedniego stulecia. Następnie przedstawiono zasadę sterowania na przykładzie czterowirnikowego statku powietrznego. Głównym punktem pracy jest zaprezentowanie przebiegu badań oraz porównanie typowej metody sterowania,





uwzględniającej jedynie zmiany prędkości obrotowej, z tą w której został użyty mechanizm zmiany skoku śmigła. Badania eksperymentalne przeprowadzono na uproszczonym stanowisku pomiarowym, na którym mierzone były parametry napędu, prędkość obrotowa śmigła, skok łopat oraz generowany ciąg. Pracę zamykają wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych badań.





Zbigniew Czyż

*Politechnika Lubelska*

Strona | 12

## **INTERFERENCJA AERODYNAMICZNA WIELOWIRNIKOWEGO STATKU POWIETRZNEGO Z MOŻLIWOŚCIĄ LOTU AUTOROTACYJNEGO**

W ostatnich latach dostrzega się rozwój modelowania zjawiska interferencji aerodynamicznej z wykorzystaniem metod numerycznych walidowanych badaniami eksperymentalnymi. W pracy przedstawiono wyniki prac nad statkiem powietrznym, który łączy zalety wiatrakowca (maszyny o lekkiej i prostej konstrukcji, taniej w eksploatacji) z zespołem wielowirnikowym umożliwiającym skrócenie startu bądź pionowy start i lądowanie, gwarantując tym samym stabilizację lotu z małymi prędkościami i podniesienie jego bezpieczeństwa. Połączenie tych dwóch układów napędowych daje w efekcie innowacyjny środek indywidualnego transportu lotniczego, którego model do badań tunelowych w przykładowym wykonaniu przedstawiono poniżej.

Przeprowadzone dotychczas badania w tunelu aerodynamicznym mające na celu pomiar sił i momentów aerodynamicznych działających na opracowany wielowirnikowy statek powietrzny poddano analizie statystycznej. Dowodem na istotność wpływu dodatkowych śmigieł na działanie głównego wirnika autorotacyjnego oraz na charakterystyki aerodynamiczne jest fakt obalenia hipotezy o równości wartości średnich pochodzących z dwóch konfiguracji obiektu badawczego. Analiza danych pomiarowych obejmowała obliczenie wartości średnich z rozpatrywanych punktów pomiarowych oraz odchyłeń standardowych. Do przeprowadzenia dowodu zastosowano test t-Studenta. Statystyczną istotność otrzymanych wyników oparto na wartości poziomu istotności, który stanowi malejący wskaźnik wiarygodności rezultatu. Przeprowadzone analizy stanowią bazę do walidacji opracowywanych modeli numerycznych. Szereg przeprowadzonych analiz pozwolił na określenie wpływu dodatkowych śmigieł zamontowanych w układzie na działanie wirnika nośnego działającego w autorotacji oraz wpływu śmigła pchającego na działanie wirnika nośnego.

Na podstawie badań wizualizacyjnych dokonano pomiaru prędkości przepływu powietrza wokół wielowirnikowego statku powietrznego. Analiza obejmuje wizualizację opływu za pomocą wektorów prędkości na płaszczyźnie symetrii obiektu badawczego oraz na płaszczyźnie do niej równoległej przechodzącej przez oś śmigieł o pionowym działaniu siły ciągu. Na podstawie uzyskanych wyników zestawiono również charakterystyki prędkości przepływu powietrza w funkcji odległości od kadłuba.

**Andrzej Stachyra**

**PZL Świdnik S.A.**

Strona | 13

**E. Plage i T. Laśkiewicz oraz LWS**

### **KRÓTKA HISTORIA ZAKŁADÓW**

Budowa kotłów parowych różnych systemów – kotły specjalne do ogrzewań, aparaty do cukrowni, kompletne urządzenia i przebudowa gorzelni, browarów, fabryk siodu, drożdży, krochmalu i syropu. Wszelkie wyroby w najlepszej jakości – tymi słowami reklamował w początkach naszego wieku wyroby swojej firmy lubelski przemysłowiec Emil Plage. Jego fabryka, odziedziczona po ojcu, w ciągu kilku lat rozrosła się z podrzędnego warsztatu w duże zakłady, do których budowy Emil Plage wybrał podówczas podmiejskie tereny Bronowic. W niespełna trzy lata (1899-1902) pośród fabryk i warsztatów Lublina pojawił się nowy zakład przemysłowy, usytuowany korzystnie przy wylotowej drodze Lublin - Zamość. Odziedziczona po ojcu produkcja kotłów gorzelnianych zmienia się coraz częściej w produkcję parowych kotłów okrętowych. Te zaś, obok zwiększonych wymagań co do jakości, przynoszą, coraz większe zyski. W samym tylko 1913r. firma sprzedaje wyroby za łączną sumę około 450 tys. rb. Trwające, mimo trudności, starania o uzyskanie dalszych zamówień rządowych przynoszą w tymże roku wyniki w postaci podpisania umowy z Towarzystwem Rosyjskich Fabryk Artyleryjskich na dostawę kotłów dla okrętów wojennych za sumę 107 tys. rb. Trafiają się zamówienia odbiegające od profilu produkcji. Fabryka podejmuje się m.in. dostarczenia olbrzymich zbiorników nafty dla Bucharskiego Towarzystwa Kolei Żelaznych.

Na tle wzrastającej liczby rozmaitych zamówień w ostatnich przedwojennych miesiącach 1914r. pojawia się oferta, która z racji swej niezwykłości stanowi precedens nie tylko w historii zakładu. Oto według zachowanego w zbiorach lubelskiego archiwum listu firma otrzymała 4 maja 1914r. propozycję uruchomienia produkcji kadłubów pełnomorskich okrętów wojennych. Oczekując wyznaczenia ceny i podania warunków zamówienia, właściciel przedsiębiorstwa stocznioowego Iwan Zablin gotów jest zamówić „od zaraz” sześć takich kadłubów, deklarując kupno dalszych szesnastu (!) w roku 1915. W myśl oferty całkowita produkcja wraz z częściami wyposażenia ma się odbywać na miejscu w Lublinie. Wykończone i zdemontowane jednostki mają być dostarczane do Nowogrodu (siedziby fabryk Zablina), gdzie zorganizowana przez lubelski zakład ekipa zajmowałaby się ich ponownym montażem. Niestety, w zachowanych dokumentach brak dalszych informacji o losach tej



jedynej w swoim rodzaju oferty. Wywodząca się z małego warsztatu, rozwinięta na fali ożywienia gospodarczego w Królestwie Polskim fabryka lubelska była typowym, prawie modelowym przykładem rozwoju zakładu przemysłowego tamtego okresu. Położona w rolniczym regionie i nastawiona na produkcję; urządzeń potrzebnych na wsi, szybko zapewniła sobie najpierw krajowe, a później zagraniczne rynki zbytu. Ułatwienia celne dla przedsiębiorstw Królestwa wraz z prężną działalnością jej przedstawiciele zdecydowały o zdobywaniu nowych klientów i nowych dochodach. Działania wojenne oszczędziły fabrykę. Po początkowym okresie dezorganizacji w zakładach wznawia się produkcję już we wrześniu 1914r. co prawda nie na taką skalę, jak przed wybuchem wojny, ale praca w fabryce nie ustaje aż do końca działań wojennych. Zatrudniając mniejszą liczbę robotników, fabryka próbuje podjąć wyrób kuchni polowych, menażek i kociołków, występując o zamówienia wojskowe. Zakończenie wojny otwiera w historii fabryki okres drugi. Jej właściciele decydują się na przedsięwzięcie zmieniające całkowicie profil produkcji i charakter zakładu. 4 października 1919r. w oficjalnym piśmie do inspektora wojsk lotniczych przedstawiciel zakładów, Kazimierz Arkuszewski, występuje z ofertą uruchomienia w Lublinie produkcji samolotów. Do lubelskich samolotów przylgnęła ukuta przez prasę ponura słowa „latających trumien”. Jak wyglądała prawda? Z zachowanego w Centralnym Archiwum Wojskowym raportu płk. Abczyńskiego, sporządzonego w 1924r. na rozkaz dowódcy lotnictwa, wynika, że na 110 dostarczonych z Lublina maszyn wypadkom uległo 18 samolotów, z czego osiom katastrof pociągnęło za sobą dziewięć ofiar śmiertelnych. W przypadku katastrof kończących się śmiercią, lotników jedna — według raportu — nastąpiła z bezpośredniej winy zakładu, sprowadzającej się do wadliwej produkcji. I choć kolejno powoływane komisje wskazywały wyraźnie na winę niesprawnych silników sprowadzanych z Włoch czy niedokładności w otrzymanej dokumentacji, rozpropagowana opinia zrobiła swoje. Ostatecznie w oficjalnym rozkazie z sierpnia 1924r. zabroniono wykonywania lotów mi produkowanych w Lublinie samolotach, wstrzymując zarazem ich produkcję. Próbą wyjścia z impasu było zreorganizowanie zarządu fabryki, wprowadzenie szeregu zmian w procesie produkcji oraz unowocześnienie urządzeń, którymi dysponowała fabryka. Korzystając z pomocy specjalistów francuskich rozpoczęto na podstawie nowej, tym razem francuskiej licencji budowę samolotów Potez XV A2 oraz Potez XXV A2 i B2. Jednocześnie trwały prace nad organizacją i uruchomieniem biura konstrukcyjnego, dającego możliwość opracowywania własnych rozwiązań. Charakterystyczna w swoim rodzaju odnowa fabryki wiązała się w dużej mierze z osobą dowódcy lotnictwa, którym był wówczas gen. Levecquc, forsujący kupno maszyn i licencji francuskich. Niemniej jednak lata 1925-1926 miały być dla zakładów niejako okresem wstępnym i przygotowaniem do uruchomienia



produkcji w oparciu o opracowywane u siebie prototypy. Stało się to możliwe w 1927 r., kiedy stanowisko głównego konstruktora objął Jerzy Rudlicki. Inżynier Rudlicki, wybitny specjalista, który swoje pierwsze latające konstrukcje tworzył jeszcze w czasach gimnazjalnych, absolwent wyższej uczelni lotniczej w Paryżu, otrzymał w Lublinie wszystko, co było potrzebne do sprawdzenia swoich umiejętności w praktyce. Już w połowie 1927r. powstaje pierwszy prototyp nowego samolotu nazwany Lublin RVIII (od nazwiska konstruktora), który po podpisaniu umowy zostaje w marcu 1928r. oblatany, a następnie w małych ilościach zakupiony przez wojsko. Jeszcze w tym samym roku powstaje prototyp następnej maszyny. Lublin RX po pomyślnych próbach staje się podstawą do opracowania najpierw rozwojowej, a potem seryjnej

W roku 2016 zawiązała się grupa inicjatywna złożona z przedstawicieli różnych środowisk Lublina i Lubelszczyzny, której celem było założenie Fundacji Lotniczy Lublin. Z racji niekontynuowania produkcji lotniczej w LWS po zakończeniu II wojny Światowej wiedza i pamięć o niej z czasem zanikła w społeczeństwie tym bardziej że w Świdniku powstał nowy zakład lotniczy WSK PZL Świdnik który kontynuuje produkcję lotniczą do dnia dzisiejszego. Dlatego też głównym zadaniem Fundacji jest ocalić od zapomnienia historię o tamtych zakładach, ludziach i samolotach.



**Sławomir Cieślak**

***Institut Lotnictwa***

Strona | 16

## **OCENA ODDZIAŁYWANIA WIRNIKA NOŚNEGO ŚMIGŁOWCA NA OTOCZENIE**

W związku z rosnącą ilością budowanych przyszpitalnych lądowisk wyniesionych pojawia się zagadnienie wibroakustycznego oddziaływania wirnika nośnego śmigłowca na płytę lądowiska, konstrukcję budynku a także na ściany i okna budynków znajdujących się w otoczeniu.

Wielkość oddziaływania można ocenić bezpośrednio: mierząc jego skutki, np. drgania budynku, albo pośrednio: mierząc przyczynę, np. pulsacje ciśnień a następnie wykonać analizę obliczeniową pozwalającą ocenić wywołany skutek.

Pulsacje ciśnienia mogą być powodem wzbudzenia drgań, które w długim okresie mogą przyspieszać niszczenie konstrukcji budynku ale także wywoływać nieprzyjemne doznania osób znajdujących się w budynku, w pobliżu zabudowy lądowiska. Drgania mogą także być przyczyną zakłóceń pracy urządzeń badawczych znajdujących się w budynku.

W Instytucie Lotnictwa wykonano wstępne badania stanowiskowe pozwalające ocenić możliwość pomiaru pulsacji ciśnienia wywołanych pracą wirnika nośnego za pomocą mikrofonów pojemnościowych wykorzystywanych zwykle w pomiarach akustycznych.

Pomiary wykonano na stanowisku badań wirników nośnych. Obiektem badań był dwułopatowy wirnik lekkiego śmigłowca. Do pomiaru użyto mikrofonów umieszczonych w otoczeniu wirnika nośnego.

W wyniku badań otrzymano przebiegi czasowe zarejestrowanych wielkości ciśnienia, a po ich analizie otrzymano charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe pozwalające wyznaczyć wielkość amplitudy ciśnienia oraz częstotliwość oddziaływania w miejscach umieszczenia mikrofonów.





**Piotr Koperniak**

***Instytut Lotnictwa***

Strona | 17

## **PROCES BUDOWY PROTOTYPOWYCH ŁOPAT KOMPOZYTOWYCH DO ŚMIGŁOWCA ILX 27**

W 2016 roku powstał w Instytucie Lotnictwa prototyp łopaty wirnika nośnego do śmigłowca ILX 27.

W 2017 roku wykonane zostały trzy łopaty które zostały poddane próbom na stanowisku.

W referacie zostanie zaprezentowany proces opracowywania technologii wytwarzania łopat kompozytowych. Omówione zostaną próby technologiczne, ograniczenia technologiczne oraz problemy które towarzyszyły samemu procesowi. Na koniec przedstawiony zostanie proces wykonania łopat oraz kontrola procesu wytwarzania.

Jan Muchowski, Andrzej Krzysiak, Marek Szumski

*Politechnika Rzeszowska, Instytut Lotnictwa*

Strona | 18

## PROJEKT WSTĘPNY BEZZAŁOGOWEGO APARATU LATAJĄCEGO W UKŁADZIE GYRODYNY

Referat przedstawia zarys projektu wstępnego bezzałogowego aparatu latającego (BAL) w układzie konstrukcyjnym gyrodyny o maksymalnej masie startowej 25 kg.

Gyrodyna jest układem konstrukcyjnym łączącym cechy śmigłowca, wiatrakowca (możliwość lotu poziomego z autorotacją wirnika nośnego) oraz samolotu. Poprzez swoje nietypowe charakterystyki aerodynamiczne może okazać się potencjalnie najbardziej efektywnym pod względem energetycznym układem konstrukcyjnym do realizacji zadań monitoringu infrastruktury liniowo-punktowej. Zadanie monitoringu takiej infrastruktury cechuje się koniecznością wykonywania lotu poziomego po określonej trasie oraz zatrzymywania się w miejscu (wykonywania zawisu oraz manewrów typowo śmigłowcowych) w punktach charakterystycznych. Przykładami infrastruktury liniowo-punktowej są m.in.: napowietrzne linie energetyczne, gazociągi, linie kolejowe, farmy wiatrowe i słoneczne.

W referacie omówiono przykładową misję inspekcji tego typu infrastruktury na przykładzie napowietrznej linii wysokiego napięcia. Przykład ten pozwolił również na zdefiniowanie podstawowych założeń wstępnych do warunków technicznych. Na ich podstawie porównano ze sobą osiągi istniejących układów konstrukcyjne BAL posiadających możliwość pionowego startu i lądowania. Następnie przedstawiono rysunek koncepcji BAL w układzie gyrodyny oraz wyniki wstępnych obliczeń osiągow. Obliczenia na tym etapie prac wykonano metodą BEMT (ang. blade element momentum theory). W dalszej kolejności przedstawiono zalety użytkowe BAL.

W związku z tym, że przedstawione analizy osiągow oraz obliczenia mają charakter wstępny i szacunkowy pokazano kierunek dalszych prac nad gyrodyną w tym w szczególności projekt modelu do badań w tunelu aerodynamicznym.



Jacek Małecki, Radosław Raczyński

PZL Świdnik

Strona | 19

## REALIZACJA PROJEKTU HELIMARIS W UJĘCIU NUMERYCZNYM I SYMULACYJNYM

Głównym celem artykułu jest przedstawienie metod modelowania komputerowego wykorzystywanych w trakcie realizacji projektu HELIMARIS prowadzonego przez PZL Świdnik w ramach projektu sektorowego INNOLOT. W artykule przedstawiono główne założenia projektu badawczego wraz z omówieniem podstawowych zagadnień podlegających analizom numerycznym jak również próbom laboratoryjnym i funkcjonalnym. Każde z zagadnień cząstkowych omówione jest pod kątem zastosowanych różnorodnych metod modelowania, ich walidacji w próbach oraz ostatecznej weryfikacji wyników obliczeń.

Przedstawione zagadnienia obejmują:

- modelowanie zachowania się jednostki pływającej oraz śmigłowca po awaryjnym wodowaniu na fali o adekwatnej dla wybranego stanu morza, oraz akwenu operacyjnego (zastosowanie metod numerycznych oraz próby modelowe), pływalność śmigłowca zarówno w przypadku sprawnego układu pływaków jak i uszkodzonej sekcji na zgodność z wymaganiami przepisów FAR/JAR/CS 27.801.
- określenie zaburzeń pola prędkości w obszarze wokół lądowiska śmigłowca na jednostce pływającej, z uwzględnieniem wpływu spalin okrętowych. (wykorzystanie metod numerycznych oraz próby modelowe),
- określenie dynamiki jednostki pływającej, w zależności od wybranego akwenu operacyjnego i warunków zewnętrznych (wykorzystanie metod numerycznych oraz wyników prób laboratoryjnych),
- budowę i wykorzystanie modelu dynamicznego ś-ca PZL SW-4 oraz silnika R&R M250 C20R/2 dla potrzeb testów w symulatorze lotu (zastosowanie metod numerycznych oraz próby w locie śmigłowca),



- modelowanie podwozia ś-ca PZL SW-4 wraz z systemem kotwiczenia oraz zachowania się śmigłowca na pokładzie jednostki pływającej (użycie metod numerycznych, próby stoiskowe oraz na śmigłowcu oraz próby na śmigłowcu)

W ramach artykułu przedstawiono również przykładowe wyniki analiz oraz prób dotychczas przeprowadzonych w ramach realizacji projektu Helimaris, jak i przegląd zagadnień związanych z przystosowaniem opcjonalnie pilotowanego wiroplata (OPV) do wykonywania misji nad akwenami wodnymi.

*„Badania realizowane w ramach projektu sektorowego INNOLOT (Akronim HELIMARIS) pt. „Przystosowanie opcjonalnie pilotowanego śmigłowca do wykonywania misji morskich” koordynowanego przez Wytwórnię Sprzętu Komunikacyjnego „PZL-Świdnik” Spółka Akcyjna, współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, I oś priorytetowa, wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa Działanie 1.2, nr umowy POIR.01.02.00-00.0004/15.”*



**Adam Sieradzki**

**Instytut Lotnictwa**

Strona | 21

## **ROZWÓJ METOD ANALIZY AEROELASTYCZNEJ WIRNIKA ŚMIGŁOWCOWEGO**

Wyznaczanie obciążeń i osiągow wiraika śmigłowcowego z uwzględnieniem odkształcalności łopat stanowi bardzo złożony problem badawczy. Wynika to z bogactwa zjawisk jakie towarzyszą obracającemu się wirnikowi oraz silnie multidyscyplinarnego charakteru zagadnienia - niezależna symulacja aerodynamiki oraz dynamiki ruchu i odkształceń łopat skutkuje zazwyczaj znacznymi rozbieżnościami w wynikach analiz. Początkowo tego typu zagadnienia rozwiązywano posługując się bardzo prostymi modelami, bazując w dużej mierze na danych empirycznych. Wraz ze wzrostem dostępnych mocy obliczeniowych pojawiały się coraz bardziej zaawansowane modele, pozwalające uzyskać obciążenia oraz odkształcenia łopat wirnika dla coraz szerszego zakresu warunków jego pracy. Obecnie najdokładniejsze symulacje wykonuje się w oparciu o kody rozwiązujące równania Naviera-Stokesa oraz skomplikowane modele strukturalne stworzone w oparciu o np. metodę elementów skończonych. Zaawansowane analizy przepływowo-strukturalne są głównie stosowane w celach poznawczych oraz weryfikacyjnych. Wykorzystanie klastrów obliczeniowych powoduje, że koszt takich analiz jest akceptowalny, jednak bardzo często w procesie projektowania i optymalizacji poszukuje się metod uproszczonych, pozwalających uzyskać zadowalająco dokładny wynik w dużo krótszym czasie. Zgodnie z panującymi trendami, w Instytucie Lotnictwa prowadzone są prace nad rozwojem zarówno zaawansowanej metody analizy aeroelastycznej wirnika śmigłowcowego, jak i metody niższego rzędu. W obydwu przypadkach opływ wirnika rozwiązywany jest w oparciu o równania Naviera-Stokesa, wyróżniając zaproponowaną metodę uproszczoną na tle pozostałych. Umożliwia to m.in. analizę pracy wirnika w interakcji z sąsiadującym otoczeniem (kadłubem, lądowiskiem, innym wirnikiem, itp.), co zwykle nie jest możliwe przy wykorzystaniu innych metod niższego rzędu. Referat skupia się na prezentacji opracowanych metod obliczeniowych, ich głównych zaletach oraz aktualnych ograniczeniach.

**Małgorzata Wojtas, Łukasz Czajkowski**

***Institut Lotnictwa***

Strona | 22

## **STANOWISKO DO BADAŃ IZOLOWANYCH UKŁADÓW WIRNIKA NOŚNEGO**

W pracy przedstawiono sposób wykonywana badań izolowanych układów wirnika nośnego, opis stanowiska badawczego oraz sposób prowadzenia badań. Stanowisko do badań dynamicznych izolowanych układów wirników nośnych znajduje się w Instytucie Lotnictwa w specjalnie przygotowanym do tego celu miejscu zwanym „Rotunda”. „Rotunda” składa się z dwóch części, klatki w kształcie walca o średnicy 22 m, wykonanych z dwóch warstw stalowej siatki naciągniętej na słupach i sterowni znajdującej się poza klatką z dwuwarstwowego zbrojonego szkła. Zapewnia to pełne bezpieczeństwo personelu badawczego podczas testów obiektu wirującego.

Stanowisko do badań izolowanych wirników nośnych składa się z konstrukcji stalowej przypominającej wieżę, jednostki napędowej, oraz głowicy badawczej. Wyposażone jest również w szereg czujników do pomiaru m.in.: drgań, ciągu, momentu obrotowego czy obrotów wirnika. Akwizycja pomiarowa opiera się o systemy NI oraz aplikację pomiarową stworzoną w LabView.

W pracy poruszone ponadto zostaną zalety badań wirników z wykorzystaniem przedstawionego rozwiązania, a także problemy napotymane podczas prób, w szczególności związane z drganiami własnymi konstrukcji i rezonansem.

Pokrótkie przedstawiona zostanie również, koncepcja nowego stanowiska badawczego, które w chwili obecnej jest w fazie projektowania. Nowe stanowisko ma podnieść jakość oraz możliwości wykonywanych prób, skrócić ich czas oraz wyeliminować część problemów związanych z budowa stanowiska, rezonansem, czy wpływem stanowiska na badany wirnik nośny.

Jarosław Stanisławski

*Instytut Lotnictwa*

Strona | 23

## **SYMULACYJNY MODEL DO WYZNACZANIA OBCIĄŻEŃ POWIERZCHNI LĄDOWISKA W TRAKCIE STARTU LUB LĄDOWANIA ŚMIGŁOWCA**

W pracy przedstawiono metodę symulacyjną wyznaczania obciążeń lądowiska generowanych przez podwozie śmigłowca w fazie startu lub lądowania. Przy wirującym wirniku wielkość obciążenia podwozia śmigłowca może zmieniać się w zależności od parametrów ruchu śmigłowca w momencie zetknięcia podwozia z podłożem, sterowaniem kątem nastawienia łopat, wystąpieniem podmuchów. Rozważany model fizyczny śmigłowca składa się z kadłuba i przekładni głównej traktowanych jako ciała sztywne połączone elementami sprężystymi. Kadłub podparty jest na podwoziu modelowanym przez układ elementów sprężystych i tłumiących. Łopaty wirnika nośnego zastąpiono osiami elastycznymi z rozmieszczonymi wzdłuż nich masami skupionymi segmentów łopat. Do rozwiązania równań ruchu modelu śmigłowca zastosowano metodę Runge-Kutta. Zgodnie z metodą Galerkin przyjęto, że parametry ruchu odkształcalnych łopat można traktować jako złożenie uwzględnianych giętych i skrętnych postaci własnych. Do obliczeń symulacyjnych wykorzystano dane hipotetycznego śmigłowca lekkiego. Przedstawiono symulacyjne wyniki dotyczące zachowania się śmigłowca w trakcie zetknięcia się z podłożem oraz dotyczące zmian obciążeń wirnika i podwozia przy wprowadzonym sterowaniu wirnikiem lub wystąpieniu uszkodzenia tłumika wahań łopaty. Metoda symulacyjna może być przydatna przy określeniu granic bezpiecznej eksploatacji śmigłowca.

**Antoni Kopyt, Przemysław Bibik**

**Politechnika Warszawska**

Strona | 24

## **SYSTEM AUTOMATYCZNEJ OCENY EFEKTYWNOŚCI PILOTAŻU ŚMIGŁOWCA**

W pracy przedstawiono koncepcję narzędzia – oprogramowania umożliwiającego obiektywną ocenę parametrów lotu podczas realizacji podstawowych zadań pilotażowych. Głównym celem rozwijanego systemu jest zwiększenie efektywności szkolenia pilotów. Poprawa szkolenia jest zrealizowana poprzez wyrażenie ilościowej oceny wykonanych zadań w odniesieniu do wcześniej zdefiniowanych kryteriów lotu oraz wartości referencyjnych m.in. składowych prędkości, orientacji czy pozycji śmigłowca. Podczas prac nad systemem jednym z kluczowych zadań było opracowanie i zdefiniowanie podstawowych zadań pilotażowych oraz implementacji ich do wirtualnego środowiska. W ramach prac walidacyjnych wybrano 6 podstawowych zadań pilotażowych m.in. slalom czy piruet. Poprawne wartości poszczególnych parametrów (m.in. trajektoria) zostały wyznaczone na podstawie indywidualnych kryteriów. Kolejnym istotnym elementem prac było wykonanie interfejsu dla instruktora oraz pilota, na którym są prezentowane poszczególne dane z lotu. Interfejs umożliwia podgląd wybranych, aktualnych wartości parametrów stanu śmigłowca oraz prezentuje wykresy oraz wartości np. odchyłek od wartości referencyjnych. W pracy zaprezentowano ogólną koncepcję systemu, wykazano jej uniwersalność modułową konstrukcję.





**Marlena Trafas, Andrzej Gronczewski**

**Politechnika Wrocławska**

Strona | 25

## **URZĄDZENIE DO RATOWNICTWA POWIETRZNEGO Z OBIEKTÓW WODNYCH**

Występowanie niekorzystnych zdarzeń w ruchu komunikacyjnym generuje szereg zagrożeń dla bezpieczeństwa, a w niektórych przypadkach prowadzi do zaistnienia wypadków. Praktyka eksploatacyjna wskazuje jednak na nieuchronność występowania wypadków i w tym kontekście fundamentalne znaczenie ma bezpieczeństwo bierne, czyli ogół przedsięwzięć mających na celu zminimalizowanie niekorzystnych skutków wypadku po jego zaistnieniu. Analiza zdarzeń związanych z katastrofami komunikacyjnymi wskazuje, że liczba ofiar i rannych jest nie tylko pochodną samego zdarzenia, ale nierzadko decydujący wpływ na skutki ma skuteczność i tempo akcji ratunkowej. Doświadczenie wskazuje, że w wielu przypadkach możliwe byłoby ograniczenie strat w ludziach, gdyby w odpowiednim czasie przeprowadzono efektywną akcję ratowniczą. Niejednokrotnie zdarzało się, że największe starty wystąpiły nie w skutek samego wypadku lecz w wyniku oddziaływania otoczenia w jakim znaleźli się poszkodowani. Ogromnego znaczenia nabiera tempo ewakuacji ludzi, którzy znaleźli się w szczególnie nieprzyjaznym środowisku. Wśród wielu, możliwych do identyfikacji, niekorzystnych dla ludzi warunków, należy wymienić środowisko wodne. Występują tu liczne zagrożenia dla ludzi, np. możliwość utonięcia lub nadmierne wychłodzenie organizmu (hipotermia). W tym kontekście, tempo ewakuacji jest nierzadko czynnikiem determinującym możliwość przeżycia. Wziąwszy pod uwagę fakt, iż znaczna część dróg transportu lotniczego przebiega nad akwenami wodnymi, oraz że transport morski jest szczególnie rozwiniętą dziedziną gospodarki, można stwierdzić, iż występuje znaczne prawdopodobieństwo konieczności ewakuacji ludzi z wody.

Uwzględniając postulat jak najszybszego podjęcia akcji ratowniczej jako czynnika determinującego ograniczenie skutków wypadku, wydaje się, że jednym z najefektywniejszych sposobów jest wykorzystanie do akcji ratowniczej śmigłowców. Analiza dotychczasowych procedur ratowniczych przy wykorzystaniu śmigłowców i środków ratownictwa wodnego, wskazuje że głównym problemem jest tempo podejmowania „rozbitków”. Ratownik opuszczany ze śmigłowca na linie może jednorazowo podjąć jedną osobę, przy czym czas tej akcji wydłuża się w warunkach burzliwej atmosfery, ze względu na utrudnienia w sterowaniu śmigłowcem, który musi precyzyjnie przyjąć odpowiednią pozycję nad rozbitkiem. Aby zminimalizować ograniczenia liczby ludzi podczas ewakuacji z obiektów wodnych, proponuje się opracowanie konstrukcji pływającego urządzenia



podwieszanego pod śmigłowcem, które będzie zdolne do podjęcia na pokład kilku lub kilkunastu ludzi jednocześnie. Skrócenie czasu ewakuacji będzie możliwe dzięki temu, że urządzenie będzie odłączane od śmigłowca po przyjęciu przez maszynę pozycji w pobliżu akcji ratowniczej. Zminimalizuje to stratę czasu na precyzyjne ustalenie pozycji śmigłowca. Urządzenie po odłączeniu od śmigłowca, będzie miało możliwość dopłynięcia do poszczególnych osób i podjęcia ich na pokład. Po zakończeniu akcji ewakuacyjnej, urządzenie będzie ponownie podłączane do śmigłowca i transportowane drogą powietrzną w bezpieczne miejsce (np. na ląd lub statek biorący udział w akcji ratowniczej).

W referacie przedstawiono analizę aktualnych procedur ratowania ludzi z obiektów wodnych, zaprezentowano koncepcję konstrukcyjną urządzenia do ratownictwa powietrznego, a także opisano rozwiązania techniczne zapewniające jego mobilność. Ponadto przedstawiono koncepcję wyposażenia i zastosowania urządzenia.

**Jan Bronowicz, Jarosław Kowalski**

***Fusioncopter***

Strona | 27

## **WIATRAKOWCE DWUSILNIKOWE FUSIONCOPTER**

Wiatrakowie dwusilnikowe Fusioncopter obejmują rodzinę trzech wiatrakowców dwusilnikowych: FC-4, Demonstrator oraz wiatrakowiec Modułowy.

Początek rodzinie daje wiatrakowiec FC-4. W procesie projektowania wiatrakowca Fusioncopter FC4 był zrealizowany niezwykle obszerny i zaawansowany program badawczo rozwojowy, który dzięki zaangażowaniu funduszy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju objął swym zasięgiem zarówno wyczerpujące obliczenia teoretyczne jak i intensywne i dogłębne próby praktyczne wszystkich kluczowych zespołów wiatrakowca nowej generacji.

Demonstrator jest wprost projektem optymalizującym konstrukcję FC4 (zmniejszenie masy własnej, optymalizacja wielkości przy tej samej MTOW 1050 kg), natomiast wiatrakowiec Modułowy jest kolejnym etapem rozwojowym mającym doprowadzić do stworzenia wspólnej platformy nośnej dla rodziny wiatrakowców o różnym udźwigu i przeznaczeniu, z MTOW do 1200 kg.

Duży zakres badań obejmował próby wirników na ruchomej platformie. Przebadano wirniki czterołopatowe w układzie dwóch wirników dwułopatowych typu „huśtawka” z różnymi kątami nożycowymi. Na ruchomej platformie był badany także wirnik dwułopatowy.

Do analiz charakterystyk lotnych, stateczności i sterowności oraz obciążeń wiatrakowca wykorzystano wyniki badań modelu wiatrakowca w tunelu aerodynamicznym wykonane w Instytucie Lotnictwa w Warszawie.

W ramach analiz i badań w procesie projektowania wiatrakowca Modułowego wykonano latający model wiatrakowca w skali 1:3.5, na którym sprawdzono wstępnie zachowanie się wiatrakowca w locie.

Wiatrakowiec FC-4 w zasadzie był projektowany na zgodność z wymaganiami przepisów CS-27, ale w niektórych zakresach był projektowany na zgodność z wymaganiami przepisów brytyjskich CAP 643. W związku z tym zespoły wiatrakowca były poddane szerokim próbom statycznym zgodnie z wymaganiami przepisów zdatności i w uzgodnieniu z Urzędem Lotnictwa Cywilnego.



Projekt opiera się na konstrukcji wytrzymałościowej duraluminiowej i umożliwia zastosowanie owiewek (kabiny, kadłuba) kompozytowych o różnym kształcie i funkcjach.

Kompletny wiatrakowiec FC-4 był poddany próbom naziemnym i próbom kołowania z oderwaniem od pasa startowego. Aktualnie jest przygotowany do oblotu.



**Andrzej Fellner, Robert Konieczka**

**Politechnika Śląska**

Strona | 29

## **WIROPŁATY W IMPLEMENTACJI PBN ICAO**

Lotnicza transformacja, spowodowana rozwojem naukowo-techniczny, zdeterminowała ICAO do podjęcia działań dotyczących opracowania perspektywicznego, globalnego, operacyjnego systemu zarządzania ruchem lotniczym - ATM (Air Traffic Management). W związku z tym przyjęta została rezolucja A-36 ICAO (zmodyfikowana w A-37), nakazującą globalne i krajowe wprowadzenie nawigacji dokładnościowej - PBN (Performance Based Navigation). Równocześnie uruchomiono dwa europejskie programy stanowiące wsparcie dla nowego systemu zarządzania ruchem lotniczym (ATM) wdrażanego w ramach Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej - SES (obecnie SES II Plus) oraz jego ekonomiczno – finansowe techniczne oraz technologiczne wsparcie SESAR (Single European Sky ATM Research). Zakłada się w 2020 roku, w wyniku realizacji programu PBN ICAO, osiągnięcie: trzykrotnego zwiększenia przepustowości systemu zarządzania ruchem lotniczym przy jednoczesnej poprawie wskaźników bezpieczeństwa, 10% redukcję negatywnego wpływu lotnictwa na środowisko naturalne (ograniczenie emisji spalin oraz zmniejszenie hałasu), 50% redukcję kosztów zarządzania ruchem lotniczym. Obecnie realizowana ostatnia faza programu SESAR jest zdefiniowana w przepisach rozporządzenia wykonawczego Komisji (EU) Nr 409/2013. Podkreślić należy, że Polska podpisała w 2007 roku rezolucję A-36/A-37 ICAO i została zdeterminowana do implementacji technik i technologii satelitarnych GNSS w każdej fazie lotu statku powietrznego, realizowania PBN Poland. Również opracowane zostały do wdrażanego globalnego systemu CNS/ATM (Communication Navigation, Surveillance/Air Traffic Management). Zdefiniowano parametry wymaganej, nawigacyjnej dokładności – RNP (Required Navigation Performance): dokładność (accuracy), wiarygodność (integrity), ciągłość (continuity), dostępność (availability), które zostały uzupełnione przez ICAO w SARPs (Standards and Recommended Practices) oraz instrukcjach operacyjnych. Wymaganą nawigacyjną dokładność zdefiniowano jako błąd sumaryczny - TSE (Total System Error) złożony z dwóch błędów: technicznego lotu, zależnego od pilota - FTE (Flight Technical Error) oraz nawigacyjnego systemu - NSE (Navigation System Error). Natomiast wiarygodność w kontekście „containment region” zdefiniowana jest jako miara zaufania do systemu nawigacyjnego, wyrażona prawdopodobieństwem, że system nawigacyjny ostrzeże użytkownika o wystąpieniu określonych warunków, które mogą spowodować odchylenie statku powietrznego poza zakładany obszar.



Tak zdefiniowane parametry RNP umożliwiły przejście poprzez nawigację obszarową (RNAV) do obecnie wprowadzanej dokładnościowej PBN (Performance Based Navigation).

Ratyfikowanie w 2007r. przez Polskę rezolucji A36/A-37 ICAO nakazuje wdrożenie precyzyjnych podejść GNSS i innych rozwiązań, przyczyniając się do ochrony środowiska, znacząco wpływając na zmniejszenie zużycia paliwa i emisji spalin. Równocześnie implementacja GNSS umożliwia wiroplatom wykonywanie podejść „offsetowych” do lotnisk, metodą „Point in Space”. Problematyka powyższa szerzej zostanie zaprezentowana w referacie. W ramach współpracy z Polską Agencją Żeglugi Powietrznej (PAŻP), która dołączyła w 2014 do aliansu SESAR, możliwe jest pozyskanie środków w ramach europejskich projektów. Na tej zasadzie PAŻP wprowadziła na polskich lotniskach procedury podejścia LPV GNSS dla lotnisk komunikacyjnych, REALIZUJAC PROJEKTY: EGNOS APV, HEDGE, SHERPA.



**Wiesław Krzymień**

***Institut Lotnictwa***

Strona | 31

## **WSTĘPNA ANALIZA ODDZIAŁYWANIA NA OTOCZENIE ŚMIGŁOWCÓW NA LĄDOWISKACH SOR**

Konieczność szybkiego udzielania pomocy poszkodowanym w wypadkach lub ciężko chorym stworzyło potrzebę budowy lądowisk przy wybranych szpitalach - ich działanie i warunki reguluje Rozporządzenie MZ w sprawie szpitalnego oddziału ratunkowego oraz Urząd Lotnictwa Cywilnego.

Bezpośrednie sąsiedztwo lądowisk powoduje oddziaływanie lądujących i startujących śmigłowców zarówno na konstrukcję lądowiska jak i na budynki. W referacie przedstawione będą możliwości określenia oddziaływania wibro-akustycznego śmigłowców na lądowiska wyniesione, metody pomiarowe oraz wstępnie pomiary mające na celu oszacowanie wpływu śmigłowców Lotniczego Pogotowia Ratunkowego na sąsiadujące budynki szpitala i otoczenie.

**Tomasz Łusiak, Przemysław Błach**

***Politechnika Lubelska***

Strona | 32

## **WSTĘPNY PROJEKT UKŁADU STEROWANIA WIATRAKOWCEM**

Głównym celem pracy jest stworzenie projektu wstępnego układu sterowania skokiem cyklicznym wirnika głównego oraz układu sterowania tylnymi powierzchniami sterowymi wiatrakowca. Konstrukcja została zaprojektowana w sposób ideowy, przedstawiając przybliżone wymiary oraz spełniając założenia ruchów kinematycznych poszczególnych podzespołów.

Model wykonany został za pomocą programu Catia V5 wyprodukowanego przez firmę Dassault Systèmes. Budowa modeli CAD przybliży budowę rzeczywistych podzespołów maszyn i urządzeń, pomaga w zrozumieniu działania mechanizmów oraz w obserwacji zachowania układu w poszczególnych sytuacjach, zaoszczędza czas oraz energię osób pracujących nad projektem, oszczędza część wydatków związanych z badaniami oraz budową prototypów.

Modelem przedstawionego układu sterowania można posłużyć się, jako wzorem do nauki na temat budowy i działania mechanizmów sterujących statkiem powietrznym. Zaprojektowany układ sterowania może zostać wykorzystany do zabudowy wraz z innymi podzespołami statku i w wersji finalnej po wykonaniu rysunków konstrukcyjnych, do odwzorowania w modelu fizycznym.