

## **PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA KWARTALNIK NAUKOWY**

W „Pracach Instytutu Lotnictwa” drukowane są publikacje autorów prezentujących dorobek lotniczego środowiska naukowego w kraju i za granicą, a w szczególności dorobek naukowy Instytutu Lotnictwa. Artykuły publikowane w „Pracach Instytutu Lotnictwa” są recenzowane. Pozycja ta ukazuje się jako: zbiorczy zestaw artykułów, zestaw materiałów z konferencji naukowych, w których organizatorem lub współorganizatorem jest Instytut Lotnictwa oraz jako publikacje prac habilitacyjnych pracowników naukowych Instytutu. Nakład „Prac Instytutu Lotnictwa” wynosi około 300 egz. Dotychczas wydano 190 numerów. Należy też zwrócić uwagę na znaczny zasięg dystrybucji kwartalnika (52 odbiorców krajowych i 49 zagranicznych z 16 państw, m.in. ONERA, NASA, Turbomeca, VZLU, CAGI, WIAM, MAI, instytuty naukowe, ośrodki politechniczne i uniwersyteckie oraz badawczo-rozwojowe), rozsyłany w ramach prenumeraty lub wymiany czasopism.

### **Streszczenia od 2004 roku**

#### **PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 1/2004 (176)**

##### **PODUSZKOWCE INSTYTUTU LOTNICTWA**

**Janina DĄBROWSKA** (Instytut Lotnictwa)

OD WYDAWCY

**Andrzej MOLDENHAWER** (Instytut Lotnictwa)

OPIS I WNIOSKI Z PRAC NAD PODUSZKOWCEM „URSYNÓW M6”

W artykule przedstawiono tło historyczne powstania pary pierwszych polskich poduszkowców, zaprojektowanych i zbudowanych przez pracowników Instytutu Lotnictwa, Wojskowej Akademii Technicznej i innych ośrodków naukowo-badawczych.

**Tadeusz KORSAK** (Instytut Lotnictwa)

W artykule opisano tło historyczne powstania projektu i opis techniczny współczesnego, małego, 5-osobowego poduszkowca ratowniczo-patrolowego IL PRP-560 Ranger z Instytutu Lotnictwa. Artykuł przedstawia ten pojazd jako kompletnie rozwinięty użytkowy produkt, wyposażony w przyczepę transportową i inny sprzęt użytkowy.

**Jakub FURMAŃSKI** (Instytut Lotnictwa)

PODUSZKOWCE W SPORCIE I REKREACJI

O ile duże poduszkowce transportowe są obiektami złożonymi i kosztownymi, to małe poduszkowce sportowe, dzięki niewielkim mocom zainstalowanych silników są niewiele bardziej złożone od łodzi motorowych. Równocześnie, dzięki wykorzystywaniu silników chłodzonych powietrzem mogą one wykorzystywać cały ogrom dostępnych i niedrogich napędów, pochodzących od kosiarek, traktorów ogrodowych, sań śnieżnych i lotniczych silników ULM. Stosunkowo duża prędkość w trudnym terenie, specyfika manewrów i pilotażu poduszkowca, każdorazowa konieczność oceny dynamiki manewru powoduje, że pilotaż małego poduszkowca sportowego jest ekscytującym wydarzeniem. Dzięki temu grono entuzjastów sportowych poduszkowców stale wzrasta.

**Wiesław ZALEWSKI** (Instytut Lotnictwa)

METODY WYTWARZANIA PODUSZKI POWIETRZNEJ W PODUSZKOWCACH  
RÓŻNYCH TYPÓW. KONSTRUKCJA FARTUCHÓW

W artykule przedstawiono sposoby wytwarzania i utrzymywania poduszki powietrznej w poduszkowcach małych i średnich rozmiarów. Opisano konstrukcję podstawowych typów fartuchów, ich zalety i wady pod kątem doświadczeń z eksploatacji poduszkowców na różnych podłożach.

**Witold PERKOWSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### UKŁADY NAPĘDOWE MAŁYCH PODUSZKOWCÓW

Artykuł o charakterze popularnym, zawiera krótki przegląd układów napędowych stosowanych w poduszkowcach oraz omówienie typowych układów napędowych stosowanych w małych poduszkowcach z powołaniem się na przykłady pojazdów tego typu, skonstruowanych lub użytkowanych w Polsce.

**Tomasz SZCZEPANIK** (Instytut Lotnictwa)

#### PROBLEMY KONSTRUKCJI KOMPOZYTOWYCH STRUKTUR KADŁUBÓW PODUSZKOWCÓW

Opracowanie stanowi zbiór spostrzeżeń wyniesionych z programu budowy serii poduszkowców, zaprojektowanych i wykonanych w Instytucie Lotnictwa w latach 1999-2003. Dotyczą one tylko tego jednego rodzaju przekładkowej konstrukcji kompozytowej.

**Witold DĄBROWSKI, Jerzy GRAFFSTEIN, Piotr MASŁOWSKI, Stanisław POPOWSKI**  
(Instytut Lotnictwa)

#### O DYNAMICE RUCHU PODUSZKOWCA NA LODZIE

W pracy przedstawiono pierwsze wnioski wynikłe z eksperymentalnych badań ruchu poduszkowca na powierzchni pokrytej lodem (zamrożonym jeziorze). Lista poruszonych tematów zawiera podstawowe manewry (np. akceleracja po linii prostej i zakręty) poduszkowca patrolowo-ratowniczego IL PRP-560 Ranger (zaprojektowanego i produkowanego w Instytucie Lotnictwa). Dokonano identyfikacji prostych, „lokalnych” modeli matematycznych dla tych manewrów i została zaproponowana efektywna metodyka badań zjawiska wek torowania ciągu. Przedstawiona została również prosta metoda poprawy charakterystyk sterowania.

**Krzysztof KUCHARSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### SPECYFIKA PILOTAŻU PODUSZKOWCÓW W ZALEŻNOŚCI OD PODŁOŻA

W artykule przedstawiono osobliwości sterowania poduszkowca, wynikające z faktu, że w poduszce powietrznej utrzymującej pojazd nad gruntem nie występuje tarcie. Opisano i wyjaśniono również kilka aspektów manewrowania poduszkowcem nad stałym gruntem, wodą i lodem.

**Jarosław PYRZ** (Instytut Lotnictwa)

#### STABILIZOWANIE I STEROWANIE PODUSZKOWCA

W artykule przedstawiono analizę układu sterowania poduszkowca. Szczególną uwagę poświęcono kolejności rozmieszczenia sterów poziomych i pionowych w strumieniu zaśmigłowym wentylatora promieniowego oraz odległości (prześwitowi) pomiędzy sterami. Zostały także wykonane obliczenia dla układu sterowania oraz przeprowadzono jego badania na konkretnym egzemplarzu poduszkowca wykonanego w Instytucie Lotnictwa (IL PRP-560/03).

**Krzysztof SZAFRAN** (Instytut Lotnictwa)

#### SZYBKI TRANSPORT PODUSZKOWCA IL PRP-560 ŚMIGŁOWCEM W-3 SOKÓŁ

W pracy przedstawiono koncepcję szybkiego transportu poduszkowca w rejon prowadzenia akcji ratowniczej. Przeanalizowano niezbędne warunki do realizacji zadania: prace badawcze, logistyczne i konstrukcyjne. Zaproponowano schemat postępowania pozwalający w optymalny sposób włączyć poduszkowiec ratowniczy do prowadzonej akcji ratunkowej. W rozważaniach założono szczególnie trudne warunki terenowe zaistnienia katastrofy, np. lotniczej lub morskiej. Głównym powodem dla którego przedstawiono projekt, jest bezpośrednio zagrożenie życia ludzi uczestniczących w katastrofie.

**Jarosław PYRZ** (Instytut Lotnictwa)

**METODA WYZNACZANIA SIŁ W LINACH MOCUJĄCYCH DO ZACZEPU  
HOLOWNICZEGO ŁADUNEK ZEWNĘTRZNY PRZENOSZONY PRZEZ ŚMIGŁOWIEC**

W artykule przedstawiono model matematyczny umożliwiający wyznaczenie sił w linach mocujących ładunek do zaczepu holowniczego podczas jego przenoszenia przez śmigłowiec. Jako ładunek posłużył poduszkowiec wykonany w Instytucie Lotnictwa IL PRP-560/03, zaś śmigłowcem wytypowanym do przenoszenia tego ładunku został śmigłowiec W-3 Sokół.

**PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 2-3/2004 (177-178)**

**V KRAJOWE FORUM WIROPLATOWE**

**Igor I. SIKORSKY** (I. I. Sikorsky's Archives Society – USA)

**ZWIĄZKI IGORA SIKORSKIEGO Z CHARLES'EM A. LINDBERGIEM**

Wkład Igora Sikorskiego w światową technikę lotniczą jest powszechnie znany. Mniej wiemy o jego wpływie na rozwój lotnictwa transoceanicznego i jego współpracy z Lindbergiem, począwszy od lat 20. do 40. XX w. Doświadczenia Lindberga, pilota linii południowo-amerykańskich, owocowały modernizacją wielu konstrukcji Sikorskiego (m.in. kształty kabiny, konstrukcja podwozi, zbiorników paliwa), niezbędnych dla realizacji lotów długodystansowych i lądowań na przygodnych lądowiskach. Efektem tej współpracy były konstrukcje samolotów czterosilnikowych S-42, obsługujących od 1935 r. linie transatlantyckie.

**Vadim R. MICHEEV** (Rosyjska Akademia Nauk)

**ROZWÓJ UKŁADÓW WIROPLATÓW**

Dla procesu projektowania wiroplata zasadnicze znaczenie posiada wybór jego układu. Autor dokonuje przeglądu historii idei, kształtowania się i rozwoju układów aparatów latających typu wiroplata, od pierwszych pomysłów wlotu przy pomocy wirnika do naszych czasów. W oparciu o ogromny materiał źródłowy, czerpiąc z wiedzy historyka techniki i inżyniera konstruktora, porządkuje i krytycznie analizuje wyniki poszukiwań naukowych, prac konstruktorskich, prób i doświadczeń z eksploatacji wiroplatów różnych układów. Określa związki i prawidłowości jakie w poszczególnych okresach historii miały miejsce pomiędzy ogólnym stanem nauki i techniki wiroplatów a szczególnymi problemami, przesądzającymi o kształtowaniu się, wyborze i osiągnięciach w zakresie wyboru ich układów. Definiuje charakterystyczne cechy poszczególnych układów, sprzyjające lub ograniczające ich rozwój. Dokonuje oceny zalet i wad poszczególnych układów wiroplata, które miały wpływ na kształtowanie się i przemianę paradygmatu, wybór i doskonalenie poszczególnych układów. Dokonując periodyzacji dziejów techniki związanej z wiroplatem, nawiązuje do historii wiroplata, od kształtowania się pierwszych modeli i prototypów aż do powstania pierwszych aparatów zdolnych do lotu. Prezentuje kształtowanie się różnych ich układów, rozwój wiedzy o układach i podstawach ich oceny. Omawia rozwój wiroplatów, aż do praktycznego zastosowania i podjęcia produkcji seryjnej. Obok sukcesów na polu prac konstruktorskich istotną dla tego etapu jest zmiana celów i zadań badań podstawowych i stosowanych, co wywarło znaczący wpływ na doskonalenie poszczególnych układów wiroplatów. Autor zwraca uwagę na równoległy rozwój również innych typów wiroplatów (m.in. wiatrakowca i przemiennopłata), oraz na szczególną rolę udoskonalania konstrukcji tarczy sterującej wirnika. Podobnie osiągnięcia nauki i techniki lotniczej wpłynęły na zwiększanie udziału udźwigu w masie maszyny i optymalizację parametrów wirnika. Następnie omawia wiroplaty pierwszej i drugiej generacji produkowane już seryjnie, od lat 40. do 70. XX wieku. Porównuje i ocenia poszczególne układy wiroplatów, krótko omawia również prace nad innymi ich typami. Kolejno przedstawia rozwój wiroplatów współczesnych – trzeciej i czwartej generacji. W zakończeniu podnosi problematykę perspektyw rozwoju wiroplatów, prezentuje tablice zestawiające zalety i wady poszczególnych układów.

**Jan PYSZNIAK** (PZL Świdnik S. A.)

## PERSPEKTYWY ROZWOJU PRODUKCJI ŚMIGŁOWCÓW I UDZIAŁ PZL ŚWIDNIK S.A. W PRZEMYSŁE MIĘDZYNARODOWYM

W artykule przedstawiono obecny stan prac związanych z rozwojem śmigłowców w PZL Świdnik, jak też udział w produkcji międzynarodowej. Przedstawiono także rozwój bazy produkcyjnej PZL Świdnik w zakresie nowych technologii mających zastosowanie w produkcji struktur śmigłowcowych.

**Ryszard ŁĘGIEWICZ** (President General Menager, Snecma Group Poland)

## UDZIAŁ W ŚWIATOWEJ PRODUKCJI ŚMIGŁOWCÓW – SNECMA GROUP

Główne tematyczne punkty zawarte w artykule, to:

- wgląd ogólny na pozycję Grupy SNECMA w światowym przemyśle śmigłowcowym,
- wkład Grupy SNECMA do światowego przemysłu śmigłowcowego, ogólnie,
- systemy okablowania i złącz elektrycznych; elektryczne systemy wykonawcze – Labinal,
- systemy wentylacji, systemy chłodzenia konsoli awioniki – Technofan,
- systemy filtracji – Sofrance,
- systemy zasilania lotniskowego APU – Microturbo,
- systemy hydrauliczne – Messier Bugatti,
- konstrukcje lotnicze – Hurel Hispano,
- systemy sterowania silników – Hispano Suiza,
- przekładnie główne – Hispano Suiza,
- podwozia – Messier Dowty,
- hamulce i systemy hamulcowe – Messier Bugatti,
- silniki – Turbomeca,
  - pozycja na rynku,
  - silniki śmigłowcowe: modele i ich dane,
  - zakres mocy silników Grupy Snecma względem konkurencji,
  - światowa sieć,
- Snecma Polska – Centrum doskonałości – Wyposażenie lotnicze i kosmiczne.

**Ryszard KOCHANOWSKI** (PZL Świdnik S.A.)

## PODATNOŚĆ KONSTRUKCJI ŚMIGŁOWCA PZL SOKÓŁ NA MODERNIZACJE

Kilkunastoletnie doświadczenie w eksploatacji śmigłowca PZL Sokół, wpłynęło na stwierdzenie, że konstrukcja dobrze sprawdza się w użytkowaniu, zarówno u odbiorców cywilnych, jak też wojskowych. Zebrano doświadczenia, tak w umiarkowanej strefie klimatycznej, jak i w tropikach (w strefach suchych, jak też wilgotnych). W ciągu tak długiego okresu czasu spotkano się z wieloma, często bardzo specyficznymi wymaganiami odbiorców. Dotyczyły one zarówno szeroko rozumianej awioniki, jak też wyposażenia specjalnego, w tym: ratowniczego, przeciwpożarowego, wojskowego. Praktycznie wszystkie wymagania byliśmy w stanie spełnić. Co więcej okazuje się, że czas rzeczywistej realizacji najczęściej nie przekraczał jednego roku, a tylko niektóre programy wojskowe trwały dłużej. Z doświadczeń wynika, że w każdym programie modernizacyjnym sprawy organizacyjne i zaopatrzeniowe zajmowały co najmniej tyle samo czasu, co i prace konstrukcyjne. Jak widać, bazowa konstrukcja śmigłowca jest „przyjazna modernizacyjnie”. Zastosowany podział technologiczny, struktura wytrzymałościowa, węzły mocujące, jak też zbudowane źródła energii czynią śmigłowca podatnym na modernizację.

**Dariusz FRĄTCZAK** (Wydział Lotniczy, Komenda Główna Policji)

## ZASADY FUNKCJONOWANIA JEDNOSTEK WSPARCIA LOTNICZEGO W STRUKTURACH POLSKIEJ POLICJI

W artykule przedstawiono krótki rys historyczny lotnictwa policyjnego, strukturę organizacyjną, zasady funkcjonowania, zadania oraz charakterystyki użytkowanych śmigłowców.

**Bernd HAMACHER** (University of Applied Sciences, Osnabrück, BRD)

#### OBSŁUGA I REMONT SAMOLOTÓW I ROZWÓJ KAPITAŁU LUDZKIEGO W EUROPIE

W artykule omówiono problem dotyczący usług naprawczych i obsługowych w lotnictwie i zaangażowania wyższych uczelni w kształceniu personelu o odpowiednio wysokich kwalifikacjach. Remont i obsługa samolotów jest regulowana przez zestaw europejskich aktów prawnych, który będzie w krótkim czasie wdrożony w nowopowstającej Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA). Akty te wymuszają znaczącą zmianę w organizacji napraw i obsługi samolotów, w procesie certyfikacji i w wymogach na kwalifikacje personelu certyfikującego. Spowoduje to konieczność reorganizacji i wzrost zapotrzebowania na tego typu kwalifikacje, szczególnie w nowych państwach Unii. By podołać tym wyzwaniom, proponuje się stworzenie partnerskiej sieci pomiędzy przedsiębiorcami a uczelniami, aby połączyć istniejące zasoby i tradycje na wspólnej europejskiej bazie.

**Stanisław JANUSZEWSKI** (Politechnika Wrocławska, Fundacja Otwartego Muzeum Techniki)  
**POLSCY PIONIERZY IDEI ŚMIGŁOWCA**

W oparciu o wieloletnie studia prowadzone m.in. w archiwach Francji, Rosji, Niemiec, Austrii, w bibliotekach patentowych i w czasopiśmiennictwie technicznym USA i Europy autor odnalazł kilkudziesięciu techników pochodzenia polskiego, którzy w XIX i w początkach XX stulecia podejmowali problematykę wiroplata. Ich zainteresowania owocowały również poważnymi badaniami, publikacjami i licznymi projektami śmigłowców. Kilkudziesięciu Polaków zyskało ochronę patentową rozwiązań technicznych wiroplata. 27 wynalazców możliwości realizacji swoich pomysłów poszukiwało w oparciu o państwo i armię rosyjską. 11 samodzielnie podjęło prace wdrożeniowe, uwagę koncentrując na rozwiązaniach wirnika i jego łopat. Najciekawsze wyniki uzyskali Stanisław Grochowski (1891), Józef Lipkowski (1902-1905), który w Rosji zyskał miano „ojca śmigłowca wielowirnikowego”, Stefan Oszczewski-Krouglik (1907-1911) i Jan Oświęcimski (1903). Obok nich zapewne i Henryk Wodnicki (1914) i Czesław Tański (1909) zyskali na swych wirnikach dodatnią siłę nośną – niewystarczającą jednak dla uniesienia aparatu w powietrze. Równie interesującym jest patent na tarczę sterującą wirnika Jakuba Wojciechowskiego z 1909 r. Idea kierowania lotem przez zmianę pochylenia osi wirników nośnych wytyczała przyszłość koncepcji wiroplata. Autor przedstawia również stan wiedzy techników polskich w zakresie techniki lotniczej. Zwraca uwagę na wkład do aerodynamiki eksperymentalnej Jana Jarkowskiego, badającego wirniki nośne, który z końcem XIX w. zyskał miano „rosyjskiego Langleya”. Przypomina jego syna Witolda, którego publikacje z lat 1911-1912 pozwalają umieścić go w rzędzie tych, którzy położyli podwaliny pod opracowanie nowoczesnej koncepcji wirnika nośnego. Przywołuje również słynną „wojnę partyzancką ze śmigłowcem” jaką na łamach światowego czasopiśmiennictwa lotniczego sprowokował w 1909 r. Stefan Drzewiecki. Autor podkreśla, że prace Polaków na polu techniki śmigłowcowej okresu pionierskiego wskazują na profesjonalizm twórców. W pełni odpowiadają ówczesnym standardom europejskim, do stanu techniki światowej wносиły wiele elementów oryginalnych, co zaś dla tej oceny podstawowe, to podnosiły kwestie zasadnicze dla przyszłości nauki i techniki lotniczej, dla sztuki konstruowania śmigłowca, rozwiązań jego podstawowych elementów konstrukcyjnych i roboczych, kompozycji układu.

**Wiesław E. BURCZAK** (WB Technologies Inc., Rosemere, Quebec, Canada)

#### FLAW TOLERANCE – WYTRZYMAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWA

#### DLA WSPÓŁCZESNYCH ŚMIGŁOWCÓW

Do lat 90. śmigłowce były projektowane używając wyłącznie metody „safe-life” do określania żywotności zmęczeniowej części śmigłowcowych. Wzrost roli i zastosowań śmigłowców oraz coraz bardziej zaostrome wymogi bezpieczeństwa lotu spowodowały konieczność poszukiwania nowych metod określania żywotności dla zmęczeniowo krytycznych komponentów śmigłowca. Rozwój metod opartych na teorii mechaniki pęknięcia doprowadził do skutecznej

poprawy bezpieczeństwa lotów samolotów. Charakter obciążeń śmigłowca jest różny od obciążeń występujących na samolocie i w związku z tym potrzebne było wprowadzenie metody korzystającej z doświadczeń samolotowych, ale dostosowanej do charakterystyki śmigłowcowej. FAR Amendment No. 29-28 z października 1989 roku wprowadził zmianę do paragrafu 29.571 i nowe wymagania odnośnie określania żywotności elementów śmigłowców kategorii transportowej (powyżej 2724 kg masy startowej). Identyczne wymagania zostały wprowadzone w przepisach JAR. Nowo projektowane śmigłowce muszą spełniać wymagania polegające na zademonstrowaniu, że części ze skazami („flaws”) są w stanie wytrzymać zmienne obciążenia o różnych amplitudach bez wykrywalnego powiększania się skazy w ciągu życia śmigłowca albo do czasu wymiany części jak to jest zapisane w sekcji A29.4 w załączniku A do paragrafu 29.571.

**Janusz DYMITRUK** (Instytut Lotnictwa), **Ludomir M. LAUDAŃSKI** (Politechnika Rzeszowska)  
O PEWNYM ZADANIU ODWROTNYM DYNAMIKI BELKI OGONOWEJ ŚMIGŁOWCA  
Artykuł stanowi krótką prezentację obszernej pracy eksperymentalnej [11], wykonanej przy zasadniczym finansowaniu z funduszy KBN (grant promotorski) w Laboratorium Badań Wytrzymałościowych Instytutu Lotnictwa w Warszawie na przestrzeni ostatnich trzech i pół lat. Obiektem badań była belka ogonowa krajowego śmigłowca Sokół, a główny cel tych badań stanowiło opracowanie metody, pozwalającej dobierać zewnętrzne wymuszenie drgań harmonicznego obiektu w taki sposób aby wywoływały one w strukturze – określonych przekrojach belki – zadane obciążenia wewnętrzne. Powyższy cel udało się zrealizować a z uwagi na skąpość miejsca, tylko niektóre szczegóły rozwiązania tego problemu zostały zawarte w przedstawionym artykule.

**Więńczysław STALEWSKI** (Instytut Lotnictwa)  
NUMERYCZNA SYMULACJA DWUWYMIAROWEGO, NIESTACJONARNEGO  
PRZEPŁYWU TRANSONICZNEGO

W pracy przedstawiono metodę numerycznej symulacji niestacjonarnego przepływu transonicznego wokół profilu lotniczego. Metoda oparta jest na sprzęgnięciu nielepkiego przepływu zewnętrznego z lepkiem przepływem wewnątrz warstwy przyściennej rozciągającej się przy powierzchni profilu oraz wzdłuż śladu wirowego. Fizyczny model przepływu zewnętrznego bazuje na niestacjonarnym, pełnym równaniu potencjału, które rozwiązywane jest metodą różnic skończonych. Równania ściślewarstwy przyściennej rozwiązywane są w postaci całkowitej jako układ równań różniczkowych zwyczajnych. Postać tego układu jest różna w zależności od charakteru przepływu w warstwie. W trakcie obliczeń dokonywana jest analiza przejścia laminarno-turbulentnego. Sprzęgnięcie przepływu lepkiego wewnątrz warstwy z nielepkiem przepływem zewnętrznym realizowane jest na bazie metody pół-odwrotnej. Praktyczna realizacja opracowanej metody – program komputerowy, umożliwia analizę transonicznego opływu profilu zarówno w warunkach w pełni niestacjonarnych, jak i stacjonarnych. Program został opracowany jako moduł obliczeniowy pakietu oprogramowania rozwiązującego zagadnienia optymalizacji profili śmigłowcowych. Przedstawiono przykłady obliczeń testowych oraz porównano uzyskane wyniki z rezultatami badań eksperymentalnych.

**Tadeusz CZECHYRA** (Instytut Lotnictwa)  
EKSPERYMENTALNE BADANIA WPŁYWU ZABURZEŃ KSZTAŁTU PROFILI ŁOPAT  
NA OBCIĄŻENIA MODELU WIRNIKA NOŚNEGO ŚMIGŁOWCA W ZAWISIE

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dotyczących wpływu zmian kształtu profili łopat na obciążenia modelu wirnika nośnego śmigłowca w zawisie. Badania przeprowadzono na trójłopatowym modelu wirnika śmigłowca IS-2, w którym na łopatach dokonano zaburzeń kształtu profili, mogących wystąpić w praktyce, tj. w czasie produkcji i eksploatacji śmigłowca. Uzyskane w ten sposób wyniki mogą być wykorzystane do oceny wrażliwości nowej generacji profili przy projektowaniu nowych wirników i oceny stopnia ryzyka ich zastosowania.

**Andrzej KRZYSIAK** (Instytut Lotnictwa)

**EKSPERYMENTALNE BADANIA DYNAMICZNYCH CHARAKTERYSTYK  
AERODYNAMICZNYCH OSCYLUJĄCEGO PROFILU NACA 0012  
Z RUCHOMĄ KLAPKĄ**

Techniki aktywnego sterowania przepływem na profilu łopaty śmigłowca są w ostatnich latach przedmiotem intensywnych badań w wielu ośrodkach naukowych na świecie. Jedną z tych technik, która jak się sądzi ma duże szanse na powszechne zastosowanie w praktyce w najbliższej przyszłości, jest technika aktywnego sterowania opływem profilu przy pomocy klapki spływowej. Taka klapka może być wykorzystywana zarówno jako podstawowy środek sterowania śmigłowcem, co od wielu lat ma miejsce na śmigłowcach firmy Karman, jak i do sterowania dodatkowego. Jedną z ciekawszych koncepcji sterowania przepływem przy pomocy klapki spływowej jest wykorzystanie szybkich oscylacyjnych ruchów takiej klapki do zmniejszenia poziomu drgań tej łopaty, poprawy osiągnięć śmigłowca oraz obniżenia poziomu hałasu wirnika, poprzez osłabienie skutków oddziaływania wirów spływających z łopaty na opływ innych łopat. W niniejszej pracy, przedstawiono rezultaty eksperymentalnych badań podstawowych charakterystyk aerodynamicznych oscylującego profilu NACA 0012 z niezależnie drgającą klapką umieszczoną w części spływowej tego profilu. Badania przeprowadzono w Tunelu Dużych Prędkości N-3 Instytutu Lotnictwa przy różnych kątach przesunięcia fazowego pomiędzy ruchem profilu, a ruchem klapki. Badania te wykazały, że przesunięcie fazowe pomiędzy ruchem profilu i klapki w istotny sposób wpływa na charakterystyki aerodynamiczne badanego profilu.

**Tomasz ŁUSIAK** (Politechnika Lubelska)

**INTERFERENCJA WIRNIK – KADŁUB W SKOŚNYM LOCIE ŚMIGŁOWCA**

W artykule przedstawiono modele zaburzeń opływu śmigłowca w płaszczyźnie wirnika nośnego wywołanych bliskością kadłuba. Przedstawiono model dla dowolnej geometrii kadłuba bazujący na metodzie panelowej [1, 5] i model opływu potencjalnego rozwiązany dla elipsoidy obrotowej (Rankine'a) [4], zastępującej bryłę kadłuba.

**Monika GREGUŁA** (PZL Świdnik S.A.)

**KONCEPCJA WIRNIKA DWUHUŚTAWKOWEGO ZE SPRĘŻYSTYM POŁĄCZENIEM  
WAŁU Z GŁOWICĄ ŚMIGŁOWCA**

W publikacji przedstawiona została koncepcja wirnika dwuhuśtawkowego ze sprężystym połączeniem wału z głowicą jako próba zastosowania jej na śmigłowcu PZL SW-4. Pokazano rozwiązanie huśtawkowe na tle innych obecnie istniejących rozwiązań piast wirników nośnych wykazując jego zalety oraz możliwość wyeliminowania niektórych wad dzięki zastosowaniu elementu sprężystego. Rozpatrzono kilka koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego elementu sprężystego analizując możliwość zastosowania ich w nowoprojektowanej wersji wirnika nośnego. Przedstawiono także propozycję rozwiązania konstrukcyjnego piasty z elementem sprężystym. Zamieszczono ponadto wykresy osiągnięć oraz sterowności śmigłowca otrzymane na podstawie przeprowadzonych analiz odnośnie porównania rozwiązania obecnie istniejącego z nowym – dwuhuśtawkowym. Celem niniejszej pracy jest próba wykazania możliwości zastosowania rozwiązania dwuhuśtawkowego wirnika nośnego jako komplementarnego względem obecnie istniejących rozwiązań.

**Zbigniew Maciej ROMICKI** (Instytut Lotnictwa)

**ŚMIGŁOWIEC IS-2 – HISTORIA I PERSPEKTYWY**

W Instytucie Lotnictwa w latach 1994÷98 w ramach projektu celowego finansowanego przez ówczesny KBN, rozpoczęto i zaawansowano budowę małego, 2-miejscowego śmigłowca IS-2. Prace prowadzono wspólnie z PZL Świdnik. Równoległe (przewidując znaczny zakres badań naziemnych) zbudowano stoisko do bezpiecznego ich prowadzenia. Mimo niewielkich nakładów finansowych w latach 1999÷2002, jakie były przeznaczone na śmigłowiec,

w połowie 2002 roku zbudowano prototyp i wykonano jego dokumentację. Trudne problemy budowy nowego śmigłowca były rozwiązywane przez zespół pracowników Instytutu Lotnictwa przy współpracy ze specjalistami z PZL Świdnik, WSK PZL Rzeszów, Hydral Wrocław, DWLKK i ZPD przy ILOT. Na temat śmigłowca IS-2 pisano w prasie fachowej i codziennej. Za interesowanie śmigłowcem przejawiały firmy zarówno krajowe, jak i zagraniczne. Wykonana praca oraz wyniki badań i próby prototypu potwierdzają właściwy wybór tego przedsięwzięcia, koncepcji konstrukcji i aktualnej nadal potrzeby kontynuacji tematu. Następnym etapem powinny być próby stoiskowe wirnika nośnego na wieży (przygotowane w zakresie dostosowanym do możliwości finansowych ILOT) oraz badania wytrzymałościowe wybranych zespołów śmigłowca.

**Stanisław ANTAS** (PZL Rzeszów S. A.), **Tadeusz CHMIELNIAK** (Politechnika Śląska)

#### ASPEKTY TEORETYCZNE I KONSTRUKCYJNE ZMIAN WARTOŚCI ZAPASU STATECZNEJ PRACY SPRĘŻARKI SILNIKA ŚMIGŁOWCOWEGO W WARUNKACH PRODUKCYJNYCH

W pracy określono warunki współpracy zespołu lotniczego silnika śmigłowcowego z wolną turbiną napędową. Przeprowadzono także analizę czynników wpływających istotnie na tę współpracę oraz wskazano przedsięwzięcia konstruktorskie, których celem stanowi zmiana współrzędnych punktów linii współpracy sprężarki i napędzającej ją turbiny, na charakterystyce uogólnionej sprężarki. Przedstawiono metody zmiany przekroju minimalnego wieńca dyszowego turbiny oraz sposób pomiaru jego wartości. Określono również wpływ zmiany przekroju minimalnego wieńca dyszowego turbiny wytwornicowej (FGV)CT i napędowej (FGV)PT na parametry oraz zapas statecznej pracy sprężarki, mierzone w warunkach produkcyjnych wartości wskaźnika  $pC^*/G1cor$ . Wyniki obliczeń uzyskane metodą numeryczną i analityczną zweryfikowano rezultatami badań eksperymentalnych.

**Wanda SAWCZUK** (PZL Świdnik S.A.)

#### PODWOZIE PŁOZOWE SW-4

W artykule opisano konstrukcję sprężystego podwozia płozowego śmigłowca SW-4 oraz nieliniowe metody obliczeniowe użyte podczas jego konstruowania. Obliczenia miały za zadanie wspomóc optymalny dobór konstrukcji ze względu na możliwość pochłonięcia przez podwozie energii podczas wszystkich warunków lądowania, uzyskanie minimalnego współczynnika obciążeń podczas lądowania. W analizach zastosowano programy metody elementów skończonych z nieliniowym modelem materiału i analizą dla dużych przemieszczeń oraz programy własne do symulacji zrzutów. Na etapie obliczeń wytrzymałości statycznej i dynamicznej konstrukcji podwozia płozowego użyto połączone obliczeniowo-testowe metody dowodzenia. Przedstawiono również ocenę wytrzymałości zmęczeniowej podwozia i uwagi wynikające z prób w locie i wstępnej eksploatacji podwozia płozowego.

**Tamás GAUSZ** (Budapest University of Technology and Economics, Department of Aircraft and Ships; ), **Dénes SZILÁGYI** (College of Nyíregyháza, Department of Aviation Engineering and Training)

#### DYNAMIKA ŁOPATY WIRNIKA NOŚNEGO W MANEWRZE ŚMIGŁOWCA

W pracy przedstawiono badania nad wpływem ruchu śmigłowca podczas wykonywania manewrów na ruch łopaty. Sztywna, wirująca łopata wirnika związana ze śmigłowcem, wykonuje ruchy wahliwe wokół przegubów: poziomego i pionowego oraz zmienia skok obracając się wokół osi przekręceń, również deformuje się giętnie i skrętnie. Ruch łopat jest sterowany przez układ sterowania. Uwzględniono także obecność tłumików odchylenia. Ruch sztywnej łopaty wirnika obliczono na podstawie pełnych, nieliniowych równań różniczkowych ruchu względem osi przegubu poziomego i pionowego oraz kąta nastawienia łopaty. Wyznaczono odkształcenia sprężyste, wykorzystując w równaniach modalnych uogólnione siły i masy. Siły aerodynamiczne określono metodą elementu łopat dla modeli prędkości indukowanych

będących kombinacją metod: impulsowych i wirowych. Uogólniony stan równowagi łopaty wirnika otrzymano jako rozwiązanie asymptotyczne wspomnianych powyżej nieliniowych, zwyczajnych równań różniczkowych. Metoda obliczeniowa została zilustrowana przykładowo, ze względu na dostępność materiałów dla danych łopat wirnika śmigłowca Hughes MD500E, eksploatowanego na Węgrzech.

**Jan BRONOWICZ** (PZL Świdnik S. A.)

MODELOWANIE RUCHÓW KADŁUBA ŚMIGŁOWCA PZL SW-4

PODCZAS URUCHAMIANIA SILNIKA

Podczas uruchomienia silnika zwykle śmigłowce doznają „kołysań” – ruchów podłużnych lub poprzecznych. Są to ruchy kadłuba na sprężystym podwoziu, które posiada również elementy tłumiące. Często ruchy te są znaczne i zależą od prędkości obrotowej wirnika. Można wyróżnić strefy prędkości obrotowej przy, których amplitudy ruchów są maksymalne. Największe amplitudy występują przy prędkościach obrotowych odpowiadających częstotliwościom drgań własnych kadłuba na podwoziu. Zwykle w zakresie prędkości obrotowych wirnika nośnego od 0 do prędkości obrotowej małego gazu na ziemi występują dwie najniższe częstotliwości drgań własnych, ale nie jest to regułą. Amplitudy drgań zależą od wielu parametrów konstrukcyjnych, od tempa narastania mocy silnika podczas uruchomienia, a także od położenia azymutalnego poszczególnych łopat w chwili rozpoczęcia rozruchu silnika. Do analizy ruchów kadłuba użyto modelu matematycznego rezonansu ziemnego uzupełnionego o człony bezwładnościowe wynikające z przyspieszeń kątowych łopat wirnika nośnego podczas rozruchu silnika. Sam przebieg narastania prędkości obrotowej wirnika w czasie (po uruchomieniu silnika) został przyjęty z pomiarów. Analizę wykonano metodą symulacyjną i ograniczono się do zbadania wpływu charakterystyki tłumików wahań łopat wirnika na wielkość amplitud drgań kadłuba.

**Przemysław BIBIK** (Politechnika Warszawska)

WPŁYW WYBORU MODELU PRĘDKOŚCI INDUKOWANEJ NA OBCIĄŻENIA

WIRNIKA NOŚNEGO ŚMIGŁOWCA

W artykule przedstawiona została problematyka doboru odpowiedniego modelu prędkości indukowanej do numerycznych obliczeń wiroplata. Zaprezentowane zostały wyniki obliczeń obciążeń wirnika śmigłowca przeprowadzonych przy wykorzystaniu systemu FLIGHTLAB. W obliczeniach uwzględniono trzy modele prędkości indukowanej.

**Marek MILLER, Janusz NARKIEWICZ** (Politechnika Warszawska)

SYMULACJA NUMERYCZNA PODSTAWOWYCH MANEWRÓW

WIROPLATA TYPU TILTROTOR

Opracowano symulacyjny model statku powietrznego typu tiltrotor dla potrzeb analizy stabilności i sterowania. Statek powietrzny składa się ze sztywnych elementów: kadłuba, skrzydeł, gondoli silnikowych i wirników, dla których wyznaczane są obciążenia masowe i aerodynamiczne. W tej pracy przedstawiono metodę wyprowadzania równań ruchu i wstępne wyniki symulacji.

**Kazimierz SZUMAŃSKI, Stanisław POPOWSKI** (Instytut Lotnictwa), **Jarosław HAJDUK** (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych)

BADANIE GRANIC MANEWRowości ŚMIGŁOWCA NA MODELU LATAJĄCYM

W artykule podano propozycję badań granic manewrowych śmigłowców na modelach latających. Szczególną uwagę poświęcono badaniom figur supermanewrowych nie stosowanych jeszcze na śmigłowcach w skali rzeczywistej, ze względu na zbyt wysokie ryzyko prowadzenia takich prób. Podano również opis zbudowanej specjalnie do takich badań mikroaparatury pomiarowej.

**Władysław BUBIEŃ** (PZL Świdnik S.A.)

#### BADANIA REZONANSU ZIEMNEGO ŚMIGŁOWCÓW

W artykule przedstawiono problemy praktycznego zapobiegania zjawisku rezonansu ziemnego śmigłowców w świetle wymagań przepisów lotniczych. Omawiane zagadnienia są zilustrowane przykładami badań prowadzonych w PZL Świdnik i wiążą się tematycznie z artykułem J. Bronowicza: Modelowanie ruchów kadłuba śmigłowca PZL SW-4 podczas uruchamiania silnika.

**Krzysztof GAJDA, Janusz NARKIEWICZ** (Politechnika Warszawska)

#### PORÓWNANIE DANYCH Z UKŁADU INS/GPS OTRZYMANYCH Z PRÓB

#### W LOCIE Z WYNIKAMI SYMULACJI NUMERYCZNEJ

Inercjalny układ pomiarowy IMU został zaprojektowany i wykonany przy wykorzystaniu triady piezoelektrycznych giroskopów wibracyjnych oraz przyspieszeniomierza trójosiowego. W skład układu pomiarowego wchodzi również średniej klasy odbiornik GPS (SmartAntenna). W celu eliminacji zakłóceń sygnałów pomiarowych wykorzystano filtr Kalmana. Układ pomiarowy wykorzystano na śmigłowcu Mi-2 w czasie badań w locie. W artykule przedstawiono porównanie wyników uzyskanych z badań w locie z wynikami obliczeń symulacyjnych wykonanymi dla tych samych manewrów śmigłowca. Porównanie to pozwoliło na ocenę działania układu pomiarowego oraz ocenę poprawności opracowanego modelu symulacyjnego.

**Zbigniew KAMIŃSKI** (PZL Świdnik S.A.)

#### ŁĄDOWANIA AUTOROTACYJNE ŚMIGŁOWCA PZL SW-4 PO CAŁKOWITEJ

#### AWARII NAPĘDU – PRÓBY W LOCIE

W artykule przedstawiono cechy śmigłowca PZL SW-4 związane z całkowitą awarią napędu a także metody i przebieg prób w locie dla uzyskania niezbędnych danych pozwalających opracować bezpieczne techniki lądowań autorotacyjnych. Dla użytkowników śmigłowców jednosilnikowych określenie stref niebezpiecznych H-V i opracowanie sposobów postępowania w przypadku awarii silnika w różnych fazach lotu jest zagadnieniem o podstawowym znaczeniu dla bezpieczeństwa lotów.

**Andrzej LESKI, Marcin KURDELSKI** (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych)

#### WYKORZYSTANIE MODELU KOMPUTEROWEGO ŚMIGŁOWCA MI-14

#### W PROGRAMIE ZWIĘKSZANIA RESURSU JEGO UŻYTKOWNIKA

W pracy przedstawiono model globalny śmigłowca Mi-14. Omówiono sposób powstania modelu od pomiaru rzeczywistej konstrukcji do modelu zbudowanego z elementów skończonych. Podstawą do budowy modelu był pomiar fotogrametryczny jego geometrii. W artykule przedstawiono skalę dokładności odwzorowania rzeczywistej konstrukcji. Prezentowane przykłady pozwalają zorientować się o skali przyjętych uproszczeń w modelu. W dalszej części przedstawiono przykłady wykorzystania modelu do obliczeń stanu naprężenia struktury śmigłowca. Wymieniono również rodzaje przeprowadzonych analiz, w których wykorzystywany był model globalny śmigłowca.

**Jarosław STANISŁAWSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### WYKORZYSTANIE SIECI NEURONOWYCH PRZY OKREŚLANIU ZAPASU

#### WYSOKOŚCI NIEZBĘDNEGO DO KONTYNUACJI LOTU PO AWARII

#### JEDNEGO Z SILNIKÓW ŚMIGŁOWCA

W artykule przedstawiono przykłady zastosowania wytrenowanych sieci neuronowych w celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa eksploatacji śmigłowca. W przypadku awarii układu napędowego w pobliżu ziemi w obszarze występowania strefy H-V niezwykle istotny jest czas reakcji pilota i prawidłowa ocena zaistniałej sytuacji. Symulacyjnie przetestowano możliwości wykorzystania sieci neuronowych jako pomocy pilotażowej w stanach awaryjnych, kiedy trudna jest prawidłowa ocena czy istnieje możliwość kontynuacji lotu, czy też należy lądować. Zadaniem sieci, w momencie wystąpienia awarii, jest określenie zapasu

wysokości niezbędnego w trakcie przejścia do kontynuacji lotu. Innym kierunkiem wykorzystania sieci neuronowych jest diagnostyka. Wyniki obliczeń obciążeń wirnika z symulowanymi usterkami łopat użyto do treningu sieci rozpoznającej rodzaj i stopień rozwoju uszkodzenia wirnika. Przedstawiono możliwości rozpoznawania występowania uszkodzeń na podstawie zmian w widmie parametrów ruchu łopaty, obciążeń łopaty oraz obciążeń wału wirnika nośnego.

**Włodzimierz R. Ostaszewski** (PPNH EXPLONAFT Sp. z o.o., Warszawa)

#### WYBRANE ZAGADNIENIA STOSOWANIA I DOBORU CIECZY EKSPLOATACYJNYCH W WIROPLĄTACH

Przedstawiono koncepcję uporządkowania systemu doboru i asortymentu cieczy eksploatacyjnych stosowanych w wiroplątach, użytkowanych w Polsce, uwzględniającą zarówno sprzęt typu zachodniego jak i typu rosyjskiego. Postuluje się kwalifikowanie środków smarów na podstawie procedur obowiązujących w NATO, w taki sposób, że dla określonych zastosowań nie posługuje się konkretnymi nazwami handlowymi, a przypisanymi kodami NATO, dla produktów spełniających określone wymagania jakościowe i posiadającymi Joint Service Designator. Wskazano na konkretne korzyści wynikające z uproszczenia gospodarki magazynowej, obsługi oraz procedur zakupu. Postuluje się powołanie interdyscyplinarnego zespołu, w skład którego wejdą przedstawiciele wszystkich zainteresowanych instytucji, celem opracowania bieżąco aktualizowanej bazy danych o produktach, które mogą być zamiennie stosowane w wiroplątach (i innym sprzęcie lotniczym) użytkowanych w Polsce.

**Zdzisław SZYMAŃSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### DIAGNOSTYKA MOMENTOMIERZY QUASI-FAZOWYCH – – WSPÓŁCZESNOŚĆ I KIERUNKI ROZWOJU

Moment obrotowy należy do najważniejszych parametrów, służących do kontroli pracy zespołu napędowego śmigłowca. Urządzenie pomiarowe momentu powinno odznaczać się dużą niezawodnością i być przygotowane do łatwego sprawdzania jego stanu technicznego. Obecnie służą do tego testery, z których każdy jest przystosowany do sprawdzania jednego typu momentomierza quasi-fazowego. Istota sprawdzania polega na podaniu na wejście momentomierza ustalonych, wzorcowych przebiegów elektrycznych i odczytanie wskazań momentomierza. Dla określenia prawidłowej wartości wskazań i oceny błędów, personel sprawdzający musi korzystać z parametrów charakterystycznych każdego kompletu momentomierza, które są zamieszczone w jego metryce. Nowa generacja testerów powinna umożliwiać automatyczną kontrolę sprawności momentomierzy. Niezbędne do tego parametry charakterystyczne wielu kompletów momentomierzy, mogą być zapisane do pamięci testera. Umieszczony w testerze, mikrokomputerowy generator pozwoli na wytworzenie indywidualnych sygnałów wzorcowych momentu, dopasowanych do każdego kompletu. Dzięki temu można uzyskać jednolite wskazania momentu w punktach sprawdzania, ułatwiające określenie błędów pomiarowych momentomierza. Analogiczna zasada sprawdzania może być wykorzystana w pokładowym systemie diagnostycznym, obejmującym swym działaniem momentomierz.

**Paweł ZEMBRZYCKI** (PZL Świdnik S.A.)

#### ANALIZA ŚMIGŁOWCOWYCH WYPADKÓW LOTNICZYCH W ASPEKCIE ROZWOJU NOWYCH KONSTRUKCJI

W artykule przedstawiono analizę przyczyn i skutków wypadków lotniczych z udziałem śmigłowców, a także przesłanek dla eksploatacji oraz nowych konstrukcji. Scharakteryzowano także specyfikę wypadków śmigłowcowych i metody ich badania. Artykuł zawiera również opis typowych cech wypadków śmigłowcowych i wykaz różnic pomiędzy wypadkami śmigłowców, a innych statków powietrznych. Na koniec przedstawiono sposoby wykorzystania wiedzy zdobytej na podstawie doświadczeń wynikających z analizy wypadków śmigłowcowych.

**Michał PIŁAT** (PZL Świdnik S.A.)

**ANALIZA MOŻLIWOŚCI POSZERZENIA OBSZARÓW UŻYTKOWANIA  
ŚMIGŁOWCA PZL SOKÓŁ**

W artykule przedstawiono ilustrację możliwości poszerzenia obwiedni użytkowania śmigłowców na przykładzie śmigłowca PZL Sokół. Podstawą była analiza długoletniej eksploatacji oraz wynikające z niej realne możliwości modyfikacji konstrukcji uzasadnione opracowanymi i przygotowanymi modyfikacjami rozwiązań konstrukcyjnych. Poniższe opracowanie oparto na badaniach typu modelowania symulacyjnego. Wykorzystano gotowe modele matematyczne oraz stworzone na ich podstawie programy komputerowe umożliwiające badania i prowadzenie eksperymentów na drodze obliczeniowej. W zależności od rozpatrywanego problemu posługiwano się modelami śmigłowca o różnym stopniu dokładności.

**Wydanie specjalne w języku angielskim  
Special Edition 179/2004**

**ADVANCED RESEARCH AND TESTING METHOD AND TECHNIQUES  
USED IN AVIATION**

**From the issue editor**

We are presenting a special contribution of the two European aeronautical scientific institutes:

Aeronautical Research and Test Institute –VZLU, Praha, Czech Republic  
Institute of Aviation – ILot, Warsaw, Poland

Issue presents papers from Polish – Czech Workshop, held on 21-22 October 2004, In the premises of the VZLU in Prague, CR, titled „The advanced research and testing methods and techniques used in aviation”. Over the years our organizations evolved along similar ways and rules and presentations In this field are related to the future co-operation in various project of 6/7 European Framework Programmes. The dominant trend now, is to cooperate internationally and create scientific consortia, in which our consortium, as we together agreed, gives Europe a „road map” for this area of aviation, in which our countries have tradition and experience, i.e. small aircraft. The international integration process in this area will be faster then in other areas of transport, according to increasing use of small aircraft and small airports for public and private transport and implementation of a common, small aviation transport system throughout the all European Countries, looking for the same kind of mobility, accessibility and economy, like we can see in all leading countries of the word. Now, both Institutes have several number of active, successful project in „big brothers” leading industry of large airplanes and we both have some remarks, that may benefit both of us. Without European Union financial support, soon our Institutes will be on position located on the margins of European Aviation. In this collection of presentations, which were prepared for discussions on Workshop Forum, we were looking for foundation stones of future cooperation.

**Witold WIŚNIEWSKI:** Strategy of changes

**Karel PAIGER:** VZLU today/erea introduction/participation in FP

**Zbigniew PAĞOWSKI:** 5/6 FP - efforts and barriers

**Josef JIRONČ:** CS-23 composite aircraft category - certification Basis VZLU – CAA CZ Co-operation

**Krzysztof PIWEK:** The certification process of I-23 „Manager” aircraft

**Roman RŮŽEK:** Certification approaches for primary airframe structure repairs using composite materials

**Daniel SZELAĞ:** Institute of Aviation activity in design and testing of composite structures

**Jacek SZÓSTKA:** Strength calculations and diagnostics of composite structures

<b>Miloslav SVOBODA:</b>	Information support in aerospace research and development
<b>Josef JIRONIČ, P. ŠIMEK:</b>	Present composite structure testing in VZLU - static, durability and residual strength testing of composite wing demonstrator with hygrothermal behaviour
<b>Vilém POMPE:</b>	Development, production and testing of composite propellers
<b>Jan VAVRIK:</b>	Strain gauge measurement and photo - stress analysis on composite parts
<b>Radek DOUBRAVA:</b>	Strain gauge measurement on composite material
<b>Józef KRYSZTOFIK:</b>	Non-destructive tests, chosen methods and test examples
<b>Josef BOBEK:</b>	NDI of composite parts with Bondmaster 1000
<b>Marcin CIESIELSKI:</b>	Material testing, combined testing
<b>Vaclav KAFKA:</b>	Study of composite patch repair efficiency using stress mapping
<b>Jan RAŠKA:</b>	Numerical buckling study of composite panel

### PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 1/2005 (180)

#### PRZEGLĄD PRAC Z DZIEDZINY ZMĘCZENIA KONSTRUKCJI LOTNICZYCH ZREALIZOWANYCH W POLSCE W LATACH 2003, 2005

Przegląd zawiera krótkie opisy prac z dziedziny zmęczenia konstrukcji lotniczych, które zrealizowane były w Polsce, w okresie od czerwca 2003 r. do kwietnia 2005 roku. Przegląd ten był prezentowany na 29 konferencji ICAF w Hamburgu, w czerwcu 2005 roku.

W pracach uczestniczyli:

- Instytut Lotnictwa w Warszawie (ILot),
- Politechnika Warszawska (PW),
- Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie (WAT),
- Polskie Zakłady Lotnicze w Mielcu (PZL Mielec),
- Polskie Zakłady Lotnicze w Świdniku (PZL Świdnik),
- Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie (ITWL),
- Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy (ATR),
- Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego w Kaliszu (WSK Kalisz).

Celem raportu było przedstawienie sytuacji w obszarze badań zmęczeniowych konstrukcji lotniczych w Polsce. Ostatnie przemiany gospodarcze wpłynęły na polski przemysł lotniczy, integrując go mocno z globalnym przemysłem lotniczym. Szczególnie są widoczne dwa trendy:

- wzrost współpracy pomiędzy centrami badawczymi i przemysłem,
- silny rozwój współpracy międzynarodowej oraz uczestniczenie w międzynarodowych projektach i programach.

Bardzo dobrym przykładem w obszarze badań zmęczeniowych jest powołanie w Instytucie Lotnictwa Centrum Badań Materiałów i Konstrukcji, jako efektu współpracy Instytutu z firmą Pratt & Whitney.

Przedstawione prace przeglądowe zostały podzielone na trzy grupy:

- prace zrealizowane w przemyśle,
- prace zrealizowane w kooperacji pomiędzy centrami badawczymi i przemysłem,
- prace zrealizowane przez centra badawcze i uczelnie.

Wydawca: Antoni Niepokólczycki

Instytut Lotnictwa

Aleja Krakowska 110/114

02-256 Warszawa, Polska

telefon (48 22) 846 08 01 wew. 546, fax (48 22) 846 75 36

e-mail: antek@ilot.edu.pl

**Janusz PIETRUSZKA** (PZL Mielec)

**PEŁNOSKALOWA PRÓBA ZMĘCZENIOWA ZASTRZAŁOWEGO SKRZYDŁA I STRUKTURY PRZENOSZĄCEJ OBCIĄŻENIA SKRZYDŁA SAMOLOTU KATEGORII TRANSPORTU LOKALNEGO**

W laboratorium Polskich Zakładów Lotniczych w Mielcu kontynuowana jest wg FAR23 próba zmęczeniowa skrzydła i struktury przenoszącej obciążenia skrzydła samolotu PZL M28 Skytruck. Skrzydło jest typu zastrzałowego, tak więc struktura przenosząca obciążenia skrzydła zawiera zastrzały oraz centralną część kadłuba z belką podwozia głównego. Praca zawiera opis i wyniki próby w bieżącym etapie realizacji.

**Janusz PIETRUSZKA** (PZL Mielec)

**ANALIZA ZMĘCZENIOWA ELEMENTU DŹWIGNIKA PODWOZIA**

W pracy opisano przebieg i wyniki badań trwałościowych dźwigników podwozia przeprowadzonych w ramach prac certyfikacyjnych nad polskim samolotem Bryza z chowanym podwoziem.

**Janusz PIETRUSZKA** (PZL Mielec)

**PORÓWNAWCZE BADANIA ZMĘCZENIOWE PRÓBEK BLACHY POKRYCIOWEJ ZE STOPÓW ALUMINIUM**

W ramach prac nad dobozem zachodniego odpowiednika blachy pokryciowej gatunku D16czATW produkcji rosyjskiej, uruchomiono porównawcze badania zmęczeniowe próbek wykonanych z blachy tego gatunku oraz blachy platerowanej gatunku 2024T3. Praca zawiera opis i wyniki badań porównawczych.

**Janusz PIETRUSZKA** (PZL Mielec)

**BADANIA ZMĘCZENIOWE WAHACZA UKŁADU STEROWANIA KLAPAMI SAMOLOTU**

Opisano warunki i wyniki badań zmęczeniowych wahaczy układu sterowania klapami skrzydłowymi samolotu PZL M28 Skytruck po zmianie materiału wahacza na odlewniczy stop magnezu GA-8. Do badań wybrano wahacz, dla którego obliczenia wytrzymałościowe wykazały największe naprężenia.

**Ireneusz KUCZEK** (PZL Mielec)

**PROGRAM BADAŃ CERTYFIKACYJNYCH ŚMIGŁOWCA PZL SW-4**

Praca zawiera opis analiz zmęczeniowych jakie zostały wykonane zgodnie z wymogami JAR 27.571(a) i ACJ 27X602 oraz obowiązującym w PZL Świdnik planem części krytycznych dla wszystkich strukturalnych części śmigłowca PZL SW-4.

**Zespół** (PZL Kalisz, Politechnika Warszawska)

**ANALIZA PRZYCZYŃ PĘKNIĘĆ ZMĘCZENIOWYCH KARTERU LOTNICZEGO ASZ-621R**

W pracy opisano analizy przyczyn pęknięć zmęczeniowych karteru gwiazdowego silnika lotniczego Asz-621R. Pęknięcia takie zaobserwowano w Czesie eksploatacji silników będących jednostkami napędowymi samolotów gaśniczych i rolniczych, tj. pracujących w ekstremalnych warunkach.

**Sebastian SZĄLKOWSKI** (Instytut Lotnictwa)

W pracy zawarto opis i wyniki statycznych i zmęczeniowych badań elementów obudowy wentylatora samolotu A318 (zawiasy i zamki z przyległymi strukturami). Praca została zrealizowana w Instytucie Lotnictwa na zamówienie EADS CASA (Madryt).

**M. CIESIELSKI** (Politechnika Warszawska), **Jerzy JACHIMOWICZ**, **R. KAJKA**,

**Józef KRYSZTOFIK**, **Wiesław SZACHNOWSKI** (Instytut Lotnictwa)

**ANALITYCZNY I DOŚWIADCZALNY OBRAZ POLA NAPRĘŻEŃ W ZŁĄCZU NITOWYM**

Wytrzymałość połączenia nitowego, poza względami materiałowymi w sposób istotny zależy od technologii, poprawności procesu zakuwania. Prawidłowość zakucia każdego nitu w złączeniu można określić m.in. poprzez analizę pola naprężeń wokół nitu. Szczególnie istotny jest

rozkład pola naprężeń, który zawiera informacje o jakości połączenia. W ramach realizacji projektu badawczego KBN wykonano m.in. analizę pól naprężeń stosując jednocześnie dostępne metody nieniszczącej diagnostyki stanu – kruchych pokryć, penetracji luminescencyjnej, analizy obrazu detekcjowanego stycznym klinem światła oraz w celu określenia lokalnych poziomów naprężeń w wybranych obszarach – metody dyfrakcji promieni rentgenowskich.

**Mirosław NOWAKOWSKI, Jarosław KRZONKALLA** (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych)  
BADANIA W LOCIE RZECZYWISTYCH OBCIĄŻEŃ KONSTRUKCJI  
SAMOLOTU SU-22M4 SYSTEMEM KAM-500

W artykule przedstawiono zakres badań naziemnych systemu pomiarowo-rejestrującego KAM-500 oraz badań w locie obciążeń w wybranych elementach konstrukcji płatowca samolotu. Rzeczywisty pomiar obciążeń zrealizowano dla samolotu Su-22M4 z wykorzystaniem systemu pomiarowego KAM-500.

**Sylwester KŁYSZ** (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych), **Czesław GOSS** (Wojskowa Akademia Techniczna)

ANALIZA ZAGADNIEŃ NISKOCYKLOWEGO ZMĘCZENIA STALI KONSTRUKCYJNEJ

W pracy dokonano przeglądu podstawowych zagadnień niskocyklowego zmęczenia metali, wzorów i metod opisu badań w tym zakresie. W szczególności rozpatrzono związki między trwałością zmęczeniową a zakresem odkształceń zadanych w testach, własnościami wytrzymałościowymi materiału, wielkością pętli histerezy oraz sekwencją obciążeń.

**Sylwester KŁYSZ** (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych)

WYBRANE METODY BADAŃ ZMĘCZENIOWYCH I ANALIZ OCENY  
TRWAŁOŚCI ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

W pracy przedstawiono analizę zagadnień związanych z problematyką oceny trwałości zmęczeniowej elementów i konstrukcji, omawiając jednocześnie rozwijane metody badań zmęczeniowych i algorytmy postępowania stosowane do ww. analiz. Wskazano, że są to zagadnienia interdyscyplinarne wymagające współpracy specjalistów wielu dziedzin nauki.

**Sylwester KŁYSZ** (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych)

BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE I ZMĘCZENIOWE SZKŁA LOTNICZEGO (PMMA)

Badania przeprowadzono w celu określenia podstawowych charakterystyk wytrzymałościowych i zmęczeniowych szkła lotniczego PMMA. Dane te były niezbędne dla opracowania metod przeprowadzania remontów osłon lotniczych.

**Dorota KOCAŃDA** (WAT)

BADANIA ZMĘCZENIOWE STOPÓW ALUMINIUM W WOJSKOWEJ  
AKADEMII TECHNICZNEJ

W pracy zawarto skrócony opis wyników badań prędkości pękania w dwóch lotniczych stopach aluminium (2024-T3 i D16) przy różnych programowanych przebiegach obciążeń.

**Janusz DYMITRUK** (Instytut Lotnictwa), **Ludomir M. LAUDAŃSKI** (Politechnika Rzeszowska)  
OBCIĄŻENIA ZMĘCZENIOWE JAKO ODWROTNE ZAGADNIENIE DYNAMIKI BELKI OGONOWEJ ŚMIGŁOWCA

Opracowano eksperymentalną metodę wyznaczania za pomocą obciążeń zewnętrznych danego stanu obciążeń w strukturze belki ogonowej śmigłowca.

## PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 2/2005 (181)

**Zbigniew WOŁEJSZA, Wojciech KOWALSKI** (Instytut Lotnictwa), **Arnaud LAFITTE** (Messier Dowty SA, Vélizy), **Grzegorz MIKUŁOWSKI** (Institute of Fundamental Technological Research, Warsaw), **Lars REMMERS** (EADS Deutschland GmbH, Munich)  
AMORTYZATORY PODWOZI LOTNICZYCH

Opracowanie przedstawia zagadnienia związane z konstrukcjami podwozi lotniczych, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki amortyzatorów cieczowo-gazowych. Podano ogólne wskazówki dotyczące rozwiązań konstrukcyjnych różnych rodzajów amortyzatorów i ich adaptacji do pozostałej struktury samolotu. Szczególny nacisk położono na analizę obciążeń generowanych w amortyzatorach cieczowo-gazowych, które aktualnie są przedmiotem szczegółowych badań w ramach programu UE ADLAND. W opracowaniu opisano także wymagania stawiane obecnie nowo projektowanym konstrukcjom amortyzatorów lotniczych, a także wymieniono materiały z których są one wykonywane. Przedstawiono zakres dotychczas zrealizowanych badań w obszarze podwozi adaptacyjnych oraz kierunki dalszego rozwoju i zastosowań amortyzatorów w lotnictwie.

## Scientific Quarterly 3/2005 (182)

(wydanie tylko angielskie)

### CIVILIAN AND COMMERCIAL UNMANNED AIR VEHICLES (UAVS) FOR THE BENEFIT OF THE EUROPEAN SOCIETY

Report on the Warsaw Regional Workshop devoted to Civilian and Commercial Unmanned Air Vehicles (UAVS) for the benefit of the European Society Hosted by Institute of Aviation and organized jointly by UAVNET, CAPECON, USICO, Institute of Aviation and Warsaw University of Technology

This report contains presentation shown during Warsaw Regional Workshop on Civilian and Commercial Unmanned Air Vehicles (UAVs) which was kept on 20 October 2005 in the Institute of Aviation – Warsaw, Poland. Workshop was organized jointly by UAVNET, CAPECON and USICO consortia with logistic and essential support of Institute of Aviation and Warsaw University of Technology. Personal invitations for this event were sent to more than 200 persons from 6 countries, including Poland, Greece, Austria, Luxemburg, Ukraine and Russia. Workshop was attended by more than 50 participants from 3 countries, i.e. from Poland, Ukraine and USA (it appeared that some American engineers visiting the Institute of Aviation took part in selected lectures). Among participants there were end users (representatives of Border Guard Headquarter; Police Forces; Polish Aviation Authority), Aeronautical Industry (PZL Świdnik), Small and Medium Enterprises, Universities and Research Organisations. Organizers wish to express their deep appreciation to the AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International) for booklets, a number of issues of „Unmanned Systems” journal and sponsoring the lunch and refreshments during the Warsaw Workshop coffee breaks. Workshop was summarised with panel discussion which was very interesting and was extended on one hour time with respect to the initially planned time. Debaters emphasised many positive aspects the UAV’s progress and development can bring to East and Central European Countries. Among the most interesting subjects the participants of the Workshop focused on there were regulations and ATM/ATC procedures to be developed, safety issues, financial and business aspects of UAVs and what to do to better promote UAVs in the future.

### Conclusion

Warsaw Regional Workshop was an important event for understanding and progress of UAV application in civil market. Unfortunately UAV research, production and application is still underdeveloped in our Central and East European Region. Local organisers are not very happy

with the Workshop participation – we expected much more participants. The lesson learnt from this workshop is that sending the invitation onto the regional workshops via the UAVNET website was not sufficient. Such a form must work if the message is addressed to the people well knowing what kind of benefits UAV can offer for potential users. Because we tried first of all to attract the people not being the specialists in the UAV area now we think we rather have should sent them directly (not via website) the registration form. Moreover, not everybody are fluent in English and it also could be the barrier in wider participation. Some people phoned us and said that they would participate if the workshop was held in Polish. In our opinion at least the 150 people is a minimum number it should participate in such a country as Poland is.

Zdobysław Goraj, Editor

Contents of this report

- Zdobysław Goraj:** WELCOME TO WARSAW REGIONAL WORKSHOP  
**Cezary Galiński:** DESCRIPTION OF UAV SYSTEM. EUROPEAN CIVIL UAV ROADMAP. WHAT IS A UAV SYSTEM ?  
**Zdobysław Goraj:** INTRODUCTION TO EUROPEAN UAV – RELATED CLUSTER OF PROJECTS  
**Tomasz Goetzendorf-Grabowski:** UAVNET APPLICATIONS  
**Wojciech Kania:** EUROPEAN CIVIL UAV ROADMAP BENEFITS TO EUROPEAN SOCIETY  
**Wojciech Kania:** TECHNOLOGY EUROPEAN CIVIL UAV ROADMAP TECHNICAL ASPECTS  
**Janusz Narkiewicz:** CIVIL UAV BUSINESS CASES

#### **PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 4/2005 (183)**

##### PRACA ZBIOROWA

**Włodzimierz BALICKI, Zdzisław GOSIEWSKI, Stefan SZCZECIŃSKI, Zbigniew PAĞOWSKI, Witold PERKOWSKI, Krzysztof KAWALEC** (Instytut Lotnictwa)  
AKTUALNE KIERUNKI ROZWOJU NAPĘDÓW LOTNICZYCH

Przedstawiono problematykę napędów lotniczych dotyczącą stanu aktualnego i perspektyw poprawy osiągnięć z uwzględnieniem kosztów badań, produkcji, zużycia tworzyw konstrukcyjnych, eksploatacji aż do utylizacji „wypracowanych” zespołów napędowych. Koszty te, to nie tylko nakłady finansowe, ale też „obciążanie” środowiska toksynami odprowadzanymi do atmosfery, wód i gleby – w tym ogromnymi ilościami dwutlenku węgla.

**Stefan SZCZECIŃSKI, Włodzimierz BALICKI** (Instytut Lotnictwa)  
DRGANIA SILNIKÓW TURBINOWYCH JAKO KRYTERIUM JAKOŚCI WYTWARZANIA ZESPOŁÓW WIRNIKOWYCH I ICH BIEŻĄCEGO STANU TECHNICZNEGO

W artykule poruszono problem drgań lotniczych silników turbinowych ze szczególnym uwzględnieniem stopnia niewyważenia wirników. Zagadnienie to bywa jedynie śladowo poruszane w silnikowej literaturze specjalistycznej. Tymczasem ilość informacji zawarta w danych uzyskanych z permanentnie dokonywanych pomiarów amplitud i częstotliwości drgań poprzecznych silników, zwłaszcza wielowirnikowych, jest nie do przecenienia. Przedstawiono związki tych parametrów z formą konstrukcyjną wirników, jakością ich wykonania i montażu, wpływem zmian luzów w podporach i możliwościami wykrywania stanów zagrożenia bezpiecznego użytkowania silników.

**Marek DĘBSKI** (Instytut Lotnictwa), **Daniel DĘBSKI**, **Krzysztof M. GOŁOŚ** (Politechnika Warszawska)

#### HIPOTEZA REDUKCJI CYKLU OBCIĄŻENIA DO CYKLU ZMĘCZENIOWO–EKWIWALETNEGO

W pracy zaproponowano nową hipotezę redukcji zadanego dowolnego cyklu obciążenia zmęczeniowego. Hipoteza ta powinna pozwolić na podniesienie jakości obliczeniowych analiz zmęczeniowych, zwłaszcza konstrukcji nitowanych. W efekcie powinna też umożliwić projektowanie coraz lżejszych, bardziej wysiłonych i co najmniej równie bezpiecznych struktur nośnych konstrukcji.

**Marek DĘBSKI** (Instytut Lotnictwa), **Daniel DĘBSKI**, **Krzysztof M. GOŁOŚ** (Politechnika Warszawska)

#### CIĄGŁA OCENA ZUŻYCIA ZMĘCZENIOWEGO STRUKTUR NOŚNYCH SAMOLOTÓW

W pracy przedstawiono podstawy teoretyczne i zasady realizacji koncepcji ciągłej oceny zużycia zmęczeniowego struktur nośnych samolotów. Warunkiem realizacji tej koncepcji jest ciągła rejestracja obciążeń oraz znajomość charakterystyk zmęczeniowych krytycznych rejonów tej struktury nośnej. Przykładem rejestratorów, które mogą stanowić zasadniczy element realizacji tej koncepcji jest opracowana w Instytucie Lotnictwa rodzina autonomicznych rejestratorów obciążeń i zmęczenia struktur nośnych.

**Zdobysław GORAJ**, **Paweł ZAKRZEWSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### UKŁADY PALIWOWE SAMOLOTÓW I ICH WPŁYW NA ZAPAS STATECZNOŚCI

W artykule omówiono nowoczesne układy paliwowe instalowane w samolotach wojskowych i cywilnych. Również przedstawiono dwa problemy – wpływ położenia zbiorników paliwa na wyważenie samolotu i jego stateczność podłużną. Wykazano, że przemieszczenie paliwa w kierunku końcówek skrzydła zmniejsza zapas stateczności (dla skrzydeł skośnych do tyłu) lub zwiększa zapas stateczności (dla skrzydeł skośnych do przodu). Zmiana położenia środka ciężkości wpływa również na warunki wyważenia samolotu i może zmieniać zakres wychyleń steru wysokości i sprawność ogólną samolotu. Analiza zawiera przykłady zastosowań w rzeczywistych konstrukcjach lotniczych. Pokazano i omówiono konfigurację położenia zbiorników paliwa dla samolotu PW-114 HALE UAV.

**Zdobysław GORAJ** (Instytut Lotnictwa), **Marcin SZENDER** (Politechnika Warszawska)

#### TECHNIKA I KRYTYCZNE TECHNOLOGIE ZASTOSOWANE W MAŁYCH I MINIATUROWYCH UAV'S – STAN OBECNY I PERSPEKTYWY ROZWOJU

Technika i technologia wykorzystywana w małych i miniaturowych UAV's pochodzi z pełnowymiarowych obiektów UAV i techniki modeli latających. Wymagania stosowanej technologii są oparte na żądaniach osiągnięcia wysokiej niezawodności połączonych z niedużymi wymiarami obiektu i jego małą masą startową. W artykule opisano konstrukcje płatowców, zespołów napędowych oraz techniki startu i lądowania. Zawarto w artykule również analizę silnych i słabych punktów tych technik oraz perspektywy ich rozwoju. Pokróćce opisano systemy sterowania, systemy zbierania danych lotnych oraz łącza telemetryczne.

**Ludomir M. LAUDAŃSKI** (Politechnika Rzeszowska), **H. BOBER** (Szkoła Lotnicza Swilcza)

#### PRZELOTY TERMICZNE SZYBOWCÓW ANALIZOWANE NUMERYCZNIE

W pracy rozważa się trzy modele symulowania trajektorii stochastycznej wersji przelotów termicznych szybowców. Pierwszy model zakłada losowe odległości między kominowe, zaś drugi losowe wartości noszeń w kominach. W trzecim modelu obie te losowości występują jednocześnie, a ponadto istnieje możliwość ignorowania słabych noszeń. Dyskusja obejmuje trzy rodzaje taktyk w tzw. grze z naturą: maksymalizowanie szans dolotu i prędkości przelotowej oraz minimalizowanie liczby kominów niezbędnych do realizacji przelotu. W pracy przedstawiono wyniki uzupełniające znane wyniki literaturowe pierwszych dwu modeli, ale docelowo skoncentrowano się na analizie trzeciego modelu. Przedstawiona analiza ogranicza się do słabych warunków termicznych oraz średniej klasy szybowców, takich, które muszą nabierać wysokości w kominach termicznych drogą krążenia.

**Franciszek LENORT, Antoni NIEPOKÓLCZYCKI (Instytut Lotnictwa)**  
ZASTOSOWANIE FUNKCJI KORELACJI DO WYZNACZANIA WSPÓŁCZYNNIKA  
TŁUMIENIA W CZASIE PRÓB FLATTEROWYCH W LOCIE

W artykule zaprezentowano metodę wyznaczania tłumienia w czasie prób flutterowych w locie. Metoda oparta jest o nową estymację funkcji korelacji. Prezentowany estymator funkcji autokorelacji zastosowany do skończonych, niestacjonarnych krótkich sygnałów nie zmienia wartości i znaków wyznaczonych współczynników tłumienia. Przedstawiono teoretyczne podstawy proponowanej metody, które została zastosowana w procedurze analizy flutterowej ANDAT. Testowano ją stosując sygnały symulowane oraz zarejestrowane w czasie prób w locie. Praca została zrealizowana w ramach programu EUREKA E!2419 FLITE.

**Zbigniew PAĞOWSKI (Instytut Lotnictwa)**  
POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA BIOKOMPONENTÓW  
W SILNIKACH LOTNICZYCH

Przedstawiono możliwości zastosowania biokomponentów w paliwach lotniczych do silników tłokowych i turbinowych, uwzględniając poważniejsze osiągnięcia w tym względzie m.in. z USA, Niemiec, Brazylii. Autor publikacji opiera się przy tym o kontakty Instytutu Lotnictwa z czołowymi ośrodkami światowymi, wprowadzającymi biopaliwa, jak Centrum Rozwoju Lotniczych Paliwa Odnawialnych Uniwersytetu Baylor w Teksasie, akcji koordynacyjnej 6 Programu Naukowego Unii Europejskiej Aeronet III a także ostatnie osiągnięcia firmy Embraer. W artykule autor proponuje podjęcie wdrażania biokomponentów do polskiego lotnictwa. Wydaje się, że Polska potencjalnie jako jeden z największych producentów biopaliw w Europie, powinna podjąć to strategiczne wyzwanie z wielu względów ekonomicznych, ekologicznych i technicznych, co pokrótce zostało omówione w artykule.

**Zbigniew PAĞOWSKI (Instytut Lotnictwa)**  
PALIWA W SILNIKACH LOTNICZYCH

W artykule przedstawiono zakres problemów dotyczących rozwoju paliw lotniczych. Rys historyczny paliw lotniczych, począwszy od pierwszego lotu braci Wright w 1903 roku, poprzez czasy I i II wojny światowej, wprowadzają nas w czasy współczesne samolotów tłokowych i turbinowych, wymagających paliw o wysokich osiągnięciach. Autor przedstawił skład i osiągi współczesnych paliw, przechodząc w ostatniej części artykułu do możliwości rozwoju paliw lotniczych w XXI wieku, zarówno ze względu na rozwój napędów lotniczych i ze względu na wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami energii i ich wykorzystaniu w lotnictwie.

**Paweł CHOROMAŃSKI, Krzysztof SIBILSKI (Politechnika Białostocka)**  
BIOLOGICZNIE INSPIROWANA STABILIZACJA ZAWISU MIKROSAMOLOTU NAPĘDZANEGO MACHAJĄCYMI SKRZYDŁAMI

Celem pracy było opracowanie koncepcji detekcji położenia przestrzennego mikrosamolotu z machającymi skrzydłami (tzw. entomoptera) oraz przeprowadzenie szeregu eksperymentów numerycznych z wykorzystaniem modelu symulacyjnego. Koncepcja sterowania była inspirowana metodą wykrywania położenia przestrzennego spotykana u owadów. Wiele gatunków owadów swoją orientację przestrzenną ustala wykorzystując organ zwany przyoczkami. Przyoczek są rodzajem czujników optycznych. Czujniki te łatwo zamodelować za pomocą czterech fotodiod umieszczonych na piramidalnym statywie. Fotodiody te mierzą natężenie światła w otoczeniu owada. W pracy przedstawiono uproszczony model matematyczny entomoptera oraz zaprezentowano rozważania dotyczące efektywności detekcji położenia za pomocą pomiaru natężenia światła. Podano także matematyczny model przyoczek. Następnie przedstawiono wyniki badań symulacyjnych dowodzących efektywności przyoczek. Symulacje prezentujące przebiegi odpowiednich sygnałów przeprowadzono wykorzystując program MATLAB.

## PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 1-2/2006 (184–185)

### VI KRAJOWE FORUM WIROPLATOWE

**Mieczysław MAJEWSKI** (PZL Świdnik)

AKTUALNA SYTUACJA PZL ŚWIDNIK, JEDYNEGO PRODUCENTA  
WIROPLATÓW W POLSCE

W czasie głębokiego kryzysu przeżywanego pod koniec lat 90. Polski Przemysł Lotniczy poddany został procesowi głębokiej restrukturyzacji. Niektóre firmy sektora zostały sprywatyzowane, część znacznie zmniejszyła swój potencjał produkcyjny w porównaniu do lat 80. lub uległa likwidacji. Była to cena dostosowania branży lotniczej do trudnej rzeczywistości gospodarki rynkowej, jak również utraty historycznych rynków zbytu w Europie Wschodniej i Środkowej oraz na Bliskim Wschodzie. Podobny proces przeszedł PZL Świdnik. Jeszcze pod koniec lat 80. firma zatrudniała prawie 9 tysięcy pracowników i produkowała ponad 200 śmigłowców Mi-2 rocznie, głównie z przeznaczeniem na rynek radziecki. Przeobrażenia polityczno-gospodarcze, jakie dokonały się w Polsce na przełomie lat 80/90 spowodowały konieczność zmiany filozofii działania firmy, zarówno jeśli chodzi o poszukiwanie nowych rynków zbytu, jak i dostosowanie do obowiązujących w zachodnim świecie norm produkcyjno-jakościowych. PZL Świdnik wyszedł z tej próby obronną ręką. Dodatkowo, dzięki dokapitalizowaniu przeprowadzonemu w grudniu 1999 roku spółka uzyskała środki pozwalające na uzdrowienie sytuacji finansowej i wejście na drogę rozwoju. Należy podkreślić, że pieniądze uzyskane z dokapitalizowania wykorzystane zostały wyłącznie do osiągnięcia wymienionych wyżej celów. Przede wszystkim unowocześniony został park technologiczny, dzięki czemu możliwy był dynamiczny rozwój współpracy z zagranicznymi producentami sprzętu lotniczego, który jest dziś źródłem prawie 50 procent wpływów ze sprzedaży towarów i usług. PZL Świdnik jest obecnie oficjalnym dostawcą komponentów lotniczych dla takich odbiorców jak: Agusta, Eurocopter, Latecoere, GKN, Bell Helicopter, Cessna, Dassault Aviation, Ratier Figeac, Stork Fokker, Marynarka Wojenna USA. Ważnym segmentem działalności firmy jest produkcja i sprzedaż własnych wyrobów. Rok 2005 jest w tym kontekście historyczny, jako że po raz pierwszy w 50-letniej historii produkcji sprzętu lotniczego świdnicka wytwórnia sprzedaje aż cztery typy własnych śmigłowców: Mi-2, PZL Kania, PZL Sokół i PZL SW-4. PZL Świdnik dynamicznie zwiększa wartość rocznej sprzedaży. W 2003 roku było to 146 mln zł. W 2004 roku już 209 milionów. W roku 2005 sprzedaż ma osiągnąć 294 miliony złotych. Zwiększa się również zatrudnienie. W latach najgłębszego kryzysu firma zatrudniała nieco ponad 2350 pracowników, obecnie zatrudnienie zwiększyło się do prawie 3280 osób. Nadchodzące lata upływać będą na zrównoważonym rozwoju. W roku 2008 wartość sprzedaży przewidziano na poziomie 385 mln złotych przy zatrudnieniu 3400 pracowników. Najdynamiczniej rozwijającą się dziedziną aktywności wytwórni będzie współpraca przemysłowa z partnerami zagranicznymi, której wartość na rok 2008 szacuje się na poziomie 209 milionów złotych. To tyle, ile wynosiła całość sprzedaży firmy w roku 2004. Najważniejszymi programami własnymi wytwórni będą w najbliższych latach useryjnienie produkcji i sprzedaż śmigłowca PZL SW-4 oraz modernizacja śmigłowców Sokół służących w Polskich Siłach Zbrojnych.

**Wojciech POTKAŃSKI** (Instytut Lotnictwa)

INSTYTUT LOTNICTWA – PREZENTACJA

Przedstawiono informacje o strukturze organizacyjnej Instytutu Lotnictwa, o możliwościach badawczych, laboratoriach i ich wyposażeniu. Zaprezentowana została aktualna tematyka prac naukowo-badawczych i projektowych oraz strategia rozwoju Instytutu Lotnictwa.

**Wojciech KANIA, Tadeusz CZECHYRA, Wieńczysław STALEWSKI** (Instytut Lotnictwa)  
AERODYNAMIKA ŚMIGŁOWCOWA W INSTYTUCIE LOTNICTWA –  
OSIĄGNIĘCIA I MOŻLIWOŚCI BADAWCZE

W artykule przedstawiono rozwój technik badawczych aerodynamiki śmigłowców i przegląd badań eksperymentalnych i obliczeniowych w tej dziedzinie zrealizowanych w Zakładzie Aerodynamiki Instytutu Lotnictwa. W tunelu aerodynamicznym T3 o przestrzeni pomiarowej 5 m, przeprowadzono badania charakterystyk aerodynamicznych śmigłowców Mi-2 i PZL Sokół w układzie kadłub-wirnik nośny oraz wirnika nośnego śmigłowca IS-2 z zachowaniem podobieństwa dynamicznego łopat. Przeprowadzono także badania kadłuba śmigłowca SW-4 PZL Świdnik dla optymalizacji usterzenia pionowego i poziomego. Omówiono rozwój metod i programów obliczeniowych CFD i przedstawiono najważniejsze osiągnięcia w zakresie projektowania aerodynamicznego i badań eksperymentalnych profili łopat wirnika nośnego i śmigła ogonowego w tunelu transsonicznym N-3. Zaprezentowano realizowane obecnie i planowane w ramach projektów badawczych i celowych, grantów europejskich oraz prac własnych, badania eksperymentalne i obliczeniowe poświęcone aerodynamice śmigłowców.

**John JUDGE, Kevin BREDEBECK, Vineet SAHASRABUDHE** (Sikorsky Aircraft Corporation Stratford, CT)

ROZWIĄZANIA UMOŻLIWIAJĄCE BEZPIECZNIEJSZE LOTY W ŚRODOWISKU  
O OGRANICZONEJ WIDOCZNOŚCI

Ostatnie doświadczenia wyniesione z Operacji Umacniania Wolności i Wolność Irakowi jeszcze raz podkreśliły surowość środowiska pustynnego. Całkowite straty statków powietrznych i bliskie całkowitej utracie poważne uszkodzenia zdolności operacyjnej śmigłowców wskutek zaniku widoczności są nieporównywalnie duże w stosunku do całkowitych strat w boju. Statki powietrzne będące w całkowitej zdolności operacyjnej bywają systematycznie uszkodzane wskutek utraty wizualnego źródła danych na skutek spadku widoczności. Owo zjawisko nie jest niczym nowym dla wiroplątów, lecz obecnie stało się obiektem zainteresowania dowódców lotnictwa, jako problem do rozwiązania. W artykule przedstawiono kilka potencjalnych rozwiązań stanowiących wyzwanie dla naszego przemysłu, przedsięwzięć kompleksowych działań celem odpowiedzi na nurtujący problem. Pokazano poszczególne kroki, jakie możemy podjąć teraz i w przyszłości, aby poprawić możliwość orientowania się w sytuacji przez pilota oraz zmniejszyć ryzyko w trakcie zaników widoczności. Jako rozwiązania proponuje się wymianę elementów na nowe, które nie wymagają skomplikowanej integracji z systemami płatowca. Rozwiązania również obejmują aktualizację czujników, wyświetlaczy i modernizacji charakterystyk sterowania. W dalszej perspektywie czasowej można odnieść korzyści ze zwiększenia znaczenia elektronicznego układu sztucznej stateczności i sterowania oraz dalszych udoskonaleń czujników.

**Sergiusz SZAWŁOWSKI** (Dowództwo Marynarki Wojennej – Logistyka)  
ŚMIGŁOWIEC POKŁADOWY SH-2G JAKO ELEMENT SYSTEMU  
UZBROJENIA OKRĘTU

Zadania nowoczesnego lotnictwa pokładowego sił morskich są bardzo zróżnicowane, ponieważ obejmują: misje uderzeniowe na cele nawodne, podwodne i lądowe, osłonę z powietrzna zespołów okrętów lub oddziałów ekspedycyjnych (piechoty morskiej) w czasie desantu morskiego, transport sprzętu, zaopatrzenia i ludzi, misje ratownicze. Dla statków powietrznych (SP) stacjonujących na lotniskowcach lub okrętach wsparcia, te właśnie okręty stanowią jedynie środek transportu do podejścia w rejon działania i jako ich baza logistyczna. Po starcie z lotniskowca SP wykonują zadanie na rzecz wojsk własnych w oddaleniu od macierzystego okrętu, na który wracają dopiero po wykonaniu misji lub w sytuacji awaryjnej. Natomiast śmigłowiec operujący z korwety lub fregaty w przeważającej części działa na rzecz własnego okrętu. Jest traktowany jak integralna część systemu uzbrojenia okrętu. Zdaniem autora, jest to najbardziej efektywny, wielozadaniowy system uzbrojenia okrętu. W siłach

morskich państw, dowódcy okrętów, którzy od dawna wykorzystują własne śmigłowce pokładowe zrozumieli, że bez nich nie byłoby w stanie wykonać stawianych przed nimi zadań. Śmigłowiec jako integralna część okrętu nie tylko zwiększa zdolności ofensywne, ale także obronne macierzystego okrętu. Jedną z koncepcji nowego wykorzystania śmigłowca pokładowego, wykonującego zadania z pokładów mniejszych okrętów, był program LAMPS (Light Airborne Multi Purpose System) – Lekki Powietrzny System Wielozadaniowy. Został on opracowany na początku lat 70. XX wieku przez MW USA (US Navy). Koncepcja ta zakładała rozbudowę możliwości bojowych pojedynczego okrętu poprzez zwiększenie możliwości jego śmigłowca pokładowego. Jednym z przedstawicieli śmigłowca zbudowanego według koncepcji LAMPS jest śmigłowiec SH-2G, obecnie eksploatowany przez MW RP, który współdziała z fregatami raketowymi typu Oliver Hazard Perry. W artykule zostały przedstawione główne założenia koncepcji LAMPS, jej modyfikacje oraz podstawowe zadania realizowane przez śmigłowce SH-2G w ramach współdziałania z macierzystym okrętem.

**Krzysztof ŁOPACIUK** (PZL Świdnik S.A.)

#### MODERNIZACJE ŚMIGŁOWCA Mi-2 DOPASOWUJĄCE ŚMIGŁOWIEC DO NOWYCH WYMAGAŃ OPERACYJNYCH

W ostatnich pięciu latach miało miejsce kilka kompleksowych operacyjnych modernizacji śmigłowca Mi-2 dostosowującego ten śmigłowiec do specyficznych wymagań operacyjnych jego użytkowników, zarówno w kraju, jak i poza granicami Polski. Konieczność przeprowadzenia modernizacji śmigłowców będących w eksploatacji, jak również modernizacje wprowadzane na nowo zamawiane śmigłowce Mi-2 były wymuszane na Operatorach zarówno przez przyjęte do stosowania w Polsce przepisy operacyjne (JAR OPS 3), jak również przez nałożenie na Agendy Rządowe, takie jak Straż Graniczna, nowych zadań związanych z ochroną granic już nie tylko polskich, ale również ochrony wschodniej granicy UE. W tym obszarze modernizacji, zostały omówione zmiany wprowadzone na śmigłowce Lotniczego Pogotowia Ratunkowego, oraz zmiany wprowadzone na śmigłowce MSWiA. Zostaną też w ogólnym zarysie przedstawione zmiany wprowadzone na śmigłowce typu Mi-2 zamówione przez Narodową Policję Indonezji, zarówno wynikające z prowadzonego procesu walidacji tego śmigłowca przed Nadzorem Indonezyjskim (na zgodność z przepisami CASR), jak również zmiany wynikające ze specyfiki geograficznej docelowego kraju, składającego się z kilku tysięcy wysp.

**Siergiej W. OCZAGOW** (МГТУ ГА, Москва, Россия)

#### OCENA ZDATNOŚCI ELEMENTÓW SILNIKA, WYKONANYCH ZE STOPU WD 17, KTÓRE WYPRACOWAŁY RESURS, W CELU POWTÓRNEGO WPROWADZENIA ICH W OBIEG

W trakcie opracowywania programów modernizacji i przywracania zdatności do lotu wytworów techniki lotniczej, trzeba rozwiązać problem powtórne wprowadzenia w obieg tych elementów wyrobów lotniczych, od stanu wytrzymałości których zależy możliwość zwiększenia resursu całego wyrobu. W artykule przedstawiono metodologię oceny pozostałej wytrzymałości łopatek silników lotniczych, wykonanych ze stopu WD 17, które wypracowały wyznaczony resurs, w celu powtórne wprowadzenia ich w obieg.

**Michał PIŁAT** (PZL Świdnik S.A.)

#### MODELOWANIE PROCESU UŻYTKOWANIA ŚMIGŁOWCA

W artykule przedstawiono ilustrację wybranych faz i wyników modelowania procesu użytkowania śmigłowca na przykładzie eksploatacji przekładni śmigłowca. Głównym celem jest uzyskanie oceny trwałości i niezawodności przekładni. Wstępny etap obejmuje określenie modelu lotu śmigłowca. Parametry wejściowe stanowią przybliżone widma quasi ustalonych stanów lotu, przyjęte w określonym zakresie czasu będącego charakterystycznym dla całego stanu – pominięto w ten sposób rozwiązania przebiegów czasowych. Równocześnie przyjęto modele średnich obciążeń i opływów do oceny chwilowych warunków równowagi śmigłowca w locie.

**Michał PIŁAT** (PZL Świdnik S.A.)  
PROGRAM EKSPLOATACJI ŚMIGŁOWCÓW MI-2PLUS  
ZE ZMIENIONYM CYKLEM OBSŁUGI

Artykuł stanowi prezentację „Programu eksploatacji nadzorowanej śmigłowców Mi-2 Plus ze zmienionym cyklem obsługi”. Przedstawiono sposób wpływu na ekonomię eksploatacji z jednoczesnym utrzymaniem ciągłej zdadności do lotu śmigłowców eksploatowanych przez Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej Lotnicze Pogotowie Ratunkowe. Śmigłowce eksploatowane są zgodnie z Instrukcją Obsługi Technicznej i Instrukcją Użytkowania w Locie oraz uzupełnieniami zdefiniowanymi w Programie.

**Więńczysław STALEWSKI** (Instytut Lotnictwa)  
NUMERYCZNA OPTIMALIZACJA PROFILI ŚMIGŁOWCOWYCH OPARTA  
NA ALGORYTMIE GENETYCZNYM Z UWZGLĘDNIENIEM KRYTERIÓW  
BAZUJĄCYCH NA NIESTACJONARNYCH CHARAKTERYSTYKACH  
AERODYNAMICZNYCH

W pracy przedstawiono metodę numerycznej optymalizacji profili lotniczych, ze szczególnym uwzględnieniem profili łopat wirnika nośnego śmigłowca. Metoda bazuje na algorytmie genetycznym. Optymalizacja realizowana jest poprzez symulację procesów ewolucji gatunków regulowanych prawami doboru naturalnego. Wielokryterialny algorytm genetyczny adaptowano na przypadek optymalizacji profili lotniczych. Opracowano wyspecjalizowany generator kształtu profili a także metodę analizy niestacjonarnego, transonicznego opływu profilu z uwzględnieniem silnego oddziaływania niestacjonarnej warstwy przyściennej. W oparciu o opracowane moduły obliczeniowe powstał pakiet oprogramowania OGA pozwalający rozwiązywać szeroką klasę zagadnień z zakresu wielokryterialnej optymalizacji profili śmigłowcowych. Przedstawiono wyniki obliczeń testowych wykonanych za pomocą opracowanego pakietu.

**Więńczysław STALEWSKI, Adam DZIUBIŃSKI** (Instytut Lotnictwa)  
SYMULACJA ZJAWISKA PIERŚCIENIA WIROWEGO WOKÓŁ WIRNIKA  
ŚMIGŁOWCA W OPARCIU O ROZWIĄZANIE RÓWNAŃ NAVIERA-STOKESA  
Z UPROSZCZONYM MODELEM WIRNIKA W POSTACI POWIERZCHNI  
SKOKU CIŚNIENIA

W pracy omówiono zjawisko pierścienia wirowego oraz przedstawiono metodę komputerowej symulacji tego zjawiska. Metoda bazuje na rozwiązaniu równań Naviera-Stokesa opisujących niestacjonarny opływ śmigłowca wykonującego manewry. Zastosowano uproszczony model wirnika śmigłowca bazujący na powierzchni skoku ciśnienia. Symulacje przeprowadzono przy wykorzystaniu komercyjnego programu FLUENT rozwiązującego równania Naviera-Stokesa metodą objętości skończonych. Przedstawiono wyniki symulacji typowego lotu śmigłowca wprowadzającego go w stan pierścienia wirowego oraz manewrów umożliwiających wyjście z tego stanu.

**Janusz PIECHNA, Leszek RUDNIAK** (Politechnika Warszawska)  
MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PAKIETU FLUENT DO OBLICZEŃ  
AERODYNAMICZNYCH ŚMIGŁOWCÓW

W pracy przedstawiono możliwe do wykorzystania w obliczeniach aerodynamiki śmigłowców zaimplementowane w programie Fluent modele przepływu przez wirnik różniące się stopniem uproszczenia i obszarem zastosowań. Pokazano kilka przykładów obliczeń wykonanych przy pomocy uniwersalnego programu komercyjnego Fluent ilustrujących możliwości programu.

**Piotr STRZELCZYK** (Politechnika Rzeszowska)  
NIELINIOWY MODEL LINII NOŚNEJ DLA WIRNIKA W PRZEPŁYWIE OSIOWYM

W artykule przedstawiono pewną modyfikację modelu linii nośnej w zastosowaniu do śmigieł i wirników nośnych pracujących przepływie osiowym. W odróżnieniu od tradycyjnej teorii linii nośnej model ten nie zawiera ograniczeń ze względu na kąty natarcia i wartości prędkości

indukowanych. Jest to możliwe dzięki przedstawieniu charakterystyki nośności w formie iloczynu dwóch funkcji:  $C_z = a_0 f(Ma, \alpha) \sin(\alpha - \alpha_0)$ . Opis ten pozwala na linearyzację całkowitego równania linii nośnej, o ile znany jest kształt śladu wirowego w przypadku nieznanego kształtu śladu wirowego jego kształt wyznacza się iteracyjnie korzystając z prawa Biota-Savarta, natomiast w przypadku wirników słabo obciążonych prędkości indukowane mogą być wyznaczone za pomocą tzw. asymptotycznych współczynników Lerbsa. W prezentowanej pracy przedstawiono porównanie wyników obliczeń z dostępnymi danymi doświadczalnymi.

**Wanda SAWCZUK** (PZL Świdnik S.A.)

#### ŚMIGŁOWIEC MI-2 Z ZABUDOWANYM WYPOSAŻENIEM PŁYWAKOWYM DO LOTÓW NAD AKWENAMI

W artykule omówiono wyposażenie pływakowe do śmigłowca Mi-2. Pływaki zastosowane na śmigłowcu mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa lotów nad wodą poprzez możliwość wodowania podczas awarii silników. Cztery pływaki otwierają się jednocześnie po zetknięciu kadłuba z wodą. Zadaniem pływaków jest utrzymanie śmigłowca na wodzie na czas umożliwiający bezpieczne opuszczenie śmigłowca przez załogę i pasażerów. Pływaki w czasie lotu i postoju śmigłowca są zwinięte i osłonięte elastycznymi pokrowcami. W artykule opisano proces konstruowania i dowodzenia spełnienia przepisów zdatności do lotu śmigłowca Mi-2 z zabudowanym wyposażeniem i dopuszczeniu do realizacji procedury awaryjnego wodowania. W skład wyposażenia pływakowego wchodzi cztery pływaki napełniane gazem, zespół butli i tratwy ratunkowe. Ocena zdatności do lotu w przypadku wyposażenia pływakowego obejmowała ocenę wytrzymałości statycznej, ocenę stateczności statycznej i dynamicznej, ocenę poziomu drgań, możliwości ewakuacyjnych załogi i pasażerów oraz ogólną ocenę funkcjonalności zastosowanych rozwiązań. Proces dowodzenia objął takie działania jak: analizy obliczeniowe, próby modelowe, próby statyczne i funkcjonalne oraz próby w locie.

**Jan CIEŚLA** (PZL Świdnik S.A.)

#### PRZYSTOSOWANIE ŚMIGŁOWCA PZL-SOKÓŁ DO OPEROWANIA Z POKŁADU OKRĘTU

Śmigłowiec PZL-Sokół przystosowano do operowania z pokładu okrętu: kotwiczenia, startu, lądowania i tankowania w zawisie. Do kotwiczenia na pokładzie zastosowano 8 dodatkowych węzłów – na osiach kół, na goleni podwozia przedniego i na wrędze kadłuba, umożliwiających szybkie i pewne zamocowanie standardowymi łańcuchami. Do poprawy stabilności śmigłowca na kołyszącym się pokładzie, ułatwienia startu i lądowania wzmocniono hamulce kół podwozia – zwiększono o 50% moment hamowania. W celu zabezpieczenia przed uderzeniem łopaty w belkę ogonową przy kołyszącym się pokładzie i wietrze oraz poprawy bezpieczeństwa osób przebywających w zasięgu łopat zmodernizowano piastę WN – zastosowano ruchome ograniczniki zwisu łopat – mechanizmy, które wysuwają i wsuwają dodatkowy element pomiędzy istniejące stałe ograniczniki zwisu łopat. Wysuwanie elementu rozpoczyna się podczas rozkręcania wirnika, gdy łopaty unoszą się pod działaniem siły odśrodkowej, a wsuwają się po spadku poniżej 41%. Zastosowano mikroprocesorowy sterownik rozruchu ALR-1, zastępujący skrzynkę rozruchową KPR-19, skracający czas rozruchu silników 3-krotnie – z 90 do 30 sekund. W celu skrócenia czasu lądowania zastosowano mocniejszy hamulec wirnika nośnego, umożliwiający rozpoczęcie hamowania WN przy 50% obrotów nominalnych. Zastosowano instalację tankowania ciśnieniowego, skracającą czas tankowania, umożliwiającą tankowania na pokładzie i w zawisie nad pokładem, dostosowaną do znormalizowanych dystrybutorów okrętowych. Próby morskie prototypu śmigłowca zakończono w marcu 2005 r.

**Piotr DZIADOSZ** (PZL Świdnik S.A.)

#### MODYFIKACJA WIRNIKA NOŚNEGO ŚMIGŁOWCA SOKÓŁ – RUCHOMY OGRANICZNIK ZWISU ŁOPAT

W trakcie eksploatacji śmigłowca Sokół zdarzały się przypadki uderzenia końca łopaty wirnika nośnego w belkę ogonową. Spowodowane to było najprawdopodobniej nagłym podmuchem

wiatru w trakcie rozruchu wirnika w warunkach dopuszczalnych przez Instrukcję Użytkownika w Locie 180. W praktyce pilocie wykonują rozruch wirnika tylko przy wietrze z przodu lub z boku. Unikają rozruchu nawet przy dopuszczalnym wietrze z tyłu. W związku z tym w PZL Świdnik S.A. podjęto prace mające na celu wyposażenie śmigłowca w „ruchomy” ogranicznik zwisu łopaty. Założenia projektowe były następujące:

- urządzenie powinno być montowane na piaście wirnika nośnego przy wymianie minimalnej ilości części,
- dotychczasowe, stałe ograniczniki zwisu pozostają w konstrukcji piasty a w trakcie wyhamowywania wirnika pomiędzy nie wchodzi ograniczniki ruchome, które powodują zwiększenie prześwitu pomiędzy belką ogonową a łopata,
- minimalizacja masy konstrukcji.

Konstrukcja ruchomych ograniczników zapewniła zwiększenie prześwitu pomiędzy końcem łopaty WN a belką ogonową o około 40 cm. Założenia projektowe zostały spełnione. Urządzenie montuje się na piaście w miejsce podkładki pod nakrętkę czopa przegubu pionowego. Montażu można dokonać u użytkownika. Masa wprowadzanego ogranicznika wynosi 0,5 kg, (0,4% masy ramienia piasty i łopaty) a jego moment statyczny względem osi obrotu wirnika nośnego wynosi 0,16 kGm (0,07% momentu statycznego ramienia piasty i łopaty). Tak mała masa ograniczników nie wpływa na dotychczasowe ograniczenia eksploatacyjne piasty. W trakcie prób naziemnych przeprowadzonych z użyciem ruchomych ograniczników badano przypadki awarii urządzenia. Zarówno w przypadku kiedy wkładki jednego ogranicznika nie wyjdą pomiędzy ograniczników stałych w trakcie rozruchu wirnika, jak i kiedy te wkładki nie wejdą pomiędzy stałe ograniczniki w trakcie hamowania wirnika, nie występują żadne niepokojące zjawiska. Ponadto w trakcie prób naziemnych opracowano procedurę sprawdzenia, czy wkładki na wszystkich czterech ramionach piasty wyszły pomiędzy ograniczników stałych w trakcie rozruchu wirnika. Ruchome ograniczniki zwisu łopaty obecnie poddawane są eksploatacji nadzorowanej na śmigłowcu. W ramach tej eksploatacji wykonano już 265 uruchomień i zatrzymań wirnika i za każdym razem wszystkie ograniczniki działały prawidłowo. W trakcie tych prób ograniczników wylatano 103 godziny.

**Jan AMBORSKI, Zbigniew WOŁEJSZA** (Instytut Lotnictwa), **Jerzy OSIŃSKI** (Politechnika Warszawska)

#### ANALIZA NUMERYCZNA I BADANIA ELASTOMEROWEGO TŁUMIKA DRGAŃ

W pracy przedstawiono koncepcje numerycznej analizy pracy elastomerowego tłumika drgań. Omówiono modele materiałowe materiałów hiperelastycznych, metody doboru modeli materiałowych materiałów hiperelastycznych do danego materiału i obliczenia konkretnego tłumika elastomerowego. Pokazano również przykładowe wyniki badań tłumika drgań zbudowanego na bazie istniejącego lotniczego tłumika drgań.

**Dariusz LISOWSKI** (PZL Świdnik)

#### ŚMIGŁOWIEC PZL SW-4 DLA SIŁ ZBROJNYCH RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ JAKO EFEKT WSPÓŁPRACY DEPARTAMENTU POLITYKI ZBROJENIOWEJ MON I PZL ŚWIDNIK S.A.

W artykule opisano śmigłowiec PZL SW-4 w wersji łącznikowej i do szkolenia jako efekt współpracy z DPZ MON. Przedstawiono główne cechy konstrukcyjne i funkcjonalne w odniesieniu do bazowego śmigłowca PZL SW-4.

**Kazimierz SZUMAŃSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### PRZELOT DYNAMICZNY ŚMIGŁOWCA PRZEZ STREFĘ WYSTĘPOWANIA PIERŚCIENIA WIROWEGO

W publikacji przedstawiono wpływ dynamiczności przelotu przez strefę występowania pierścienia wirowego, z punktu widzenia jego oddziaływania na śmigłowiec. Podano wyniki badań symulacyjnych oraz badań w locie. Przeprowadzono ocenę: nieustalonych stanów lotu

rzeczywiście zagrożonych pojawieniem się pierścienia wirowego; dopuszczalnego czasu przebywania w strefie występowania pierścienia wirowego nie wywołującego negatywnych efektów jego wpływu na sterowność śmigłowca; taktyki lotu pozwalającej na bezpieczne przeprowadzanie manewrów w bliskości i wewnątrz tej strefy oraz możliwości przekazania pilotowi informacji o bliskości granic strefy występowania pierścienia wirowego. Badania przeprowadzone dotyczą analiz symulacyjnych dla śmigłowca Mi-6 i Mi-2 plus. Próby w locie dla śmigłowców SM-1, Mi-2 plus oraz latającego bezzałogowego modelu śmigłowca Vario o średnicy wirnika nośnego 1780 mm.

**Monika GŁAZ** (PZL Świdnik S.A.)

#### STARTY I LĄDOWANIA NA OGRANICZONEJ WIELKOŚCI LĄDOWISKA PO AWARII NAPĘDU

Obiektem badań jest śmigłowiec Mi-2 plus, dla którego należy opracować technikę sterowania po awarii napędu w czasie wykonywania „pionowych” startów i lądowań na krótkich lądowiskach. Do punktów krytycznych, które należy przeanalizować w badaniach techniki wykonania startów i lądowań na ograniczonym lądowisku należą, przede wszystkim, problem przelotu przez pierścień wirowy oraz problem występowania strefy H-V. Należy wziąć także pod uwagę występowanie przeszkód na terenie lądowiska (zakłada się wysokość przeszkód do około 20 m). W opracowaniu zostały zamieszczone symulacje obliczeniowe sterownia śmigłowcem Mi-2 plus po awarii silnika (dla różnych wysokości wystąpienia awarii). Przedstawiono sposób sterownia pochyleniem kadłuba oraz wartością kąta skoku ogólnego pozwalający na uzyskanie określonych trajektorii lotu. Zamieszczono również niektóre wyniki z prób w locie przeprowadzonych w PZL Świdnik S.A. Na podstawie przeprowadzonych symulacji i badań lotnych stwierdzono, iż istnieje możliwość bezpiecznego wykonania manewrów „pionowych” startów i lądowań.

**Leszek PAWUŁA** (PZL Świdnik S.A.)

#### MODYFIKACJA TECHNIKI PILOTAŻU PODCZAS LĄDOWAŃ AUTOROTACYJNYCH ŚMIGŁOWCA PZL SW-4

Podstawowym przeznaczeniem śmigłowca PZL SW-4 jest szkolenie pilotów, na śmigłowcach jednosilnikowych lądowania autorotacyjne są jednym z podstawowych elementów tego szkolenia. Z tego też powodu producent musi dążyć do wypracowania takiej procedury lądowania autorotacyjnego, aby była ona możliwie prosta, powtarzalna i z odpowiednimi marginesami bezpieczeństwa. Podczas V Forum Wiroplatawczego przedstawiono technikę lądowania autorotacyjnego wypracowaną na etapie prób certyfikacyjnych (fabrycznych). W bieżącym roku zostały przeprowadzone dodatkowe próby śmigłowca PZL SW-4, mające na celu modyfikację tej techniki. Ponad 220 lądowań autorotacyjnych („hot autorotation”) zrealizowanych przez dwóch pilotów doświadczalnych PZL Świdnik w ramach tych prób pozwoliło na wypracowanie zmodyfikowanej procedury lądowań autorotacyjnych uproszczonej w stosunku do poprzedniej i dającej większą powtarzalność trajektorii lądowania, a także większe marginesy na możliwość popełnienia błędu przez szkolonego pilota. Wyniki tych prób doprowadziły do zmiany procedury lądowania autorotacyjnego po całkowitej utracie napędu zamieszczonej w „Instrukcji Użytkowania w Locie”. Przebieg i wyniki powyższych prób są przedmiotem artykułu.

**Zbigniew KAZUŁO** (PZL Świdnik S. A.)

#### METODY OKREŚLENIA NIEBEZPIECZNYCH STREF H-V DLA ŚMIGŁOWCA PZL SW-4

Zgodnie z wymaganiami przepisów lotniczych (np. FAR-27), dla każdego typu certyfikowanego śmigłowca muszą być określone niebezpieczne strefy H-V, w obszarze których producent nie zapewnia bezpieczeństwa po awarii silnika. Określenie granic stref H-V wymaga od producenta śmigłowca odpowiednich prób. Szczególnie określenie górnej granicy stref H-V stanowi poważny problem ze względu na duży stopień ryzyka i możliwość uszkodzenia śmigłowca.

Z tego powodu na etapie prób certyfikacyjnych (fabrycznych) śmigłowca SW-4 dla określenia górnej granicy strefy H-V użyto metody pośredniej nie wymagającej wykonywania lądowań autorotacyjnych po symulacji awarii silnika przeprowadzonej w obrębie przewidywanej granicy H-V. Jednak podczas walidacji polskiego certyfikatu śmigłowca PZL SW-4 EASA zażądała od PZL Świdnik demonstracji symulacji awarii silnika na granicach stref H-V kończącej lądowaniem autorotacyjnym. Wymusiło to na PZL Świdnik konieczność przeprowadzenia odpowiednich prób dla określenia (potwierdzenia) górnej granicy strefy H-V, których przebieg i wyniki są tematem niniejszego artykułu.

**Krzysztof GAJDA** (Politechnika Warszawska)

#### WYKORZYSTANIE UKŁADÓW NAWIGACJI I ORIENTACJI PRZESTRZENNEJ W BADANIACH WŁASNOŚCI LOTNYCH ŚMIGŁOWCÓW

W artykule przedstawiono badania, których głównym celem było określenie możliwości wykorzystania układów nawigacji i orientacji przestrzennej w ocenie własności lotnych śmigłowców oraz opracowanie narzędzi pomiarowych i symulacyjnych, pomocnych w ocenie własności lotnych śmigłowców. Dokonano przeglądu metod badań własności lotnych śmigłowców, zidentyfikowano parametry lotu, które muszą być mierzone oraz przeprowadzono analizę wymaganych dokładności urządzeń pomiarowych. Opracowano i wykonano układ pozwalający na w pełni autonomiczną rejestrację parametrów lotu wymaganych w ocenie własności lotnych śmigłowców złożonych z odbiorników sygnałów GPS, w których wyznaczana jest dokładna pozycja (a także prędkość) obiektu oraz z inercyjnego układu pomiarowego (złożonego z trójosiowego przyspieszeniomierza oraz triady piezoelektrycznych giroskopów wiracyjnych) z którego otrzymywana jest informacja o przemieszczeniach liniowych, prędkościach kątowych i kątach orientacji przestrzennej obiektu. Przeprowadzono badania eksperymentalne wykonanych elementów pomiarowych w celu oceny ich parametrów eksploatacyjnych w warunkach laboratoryjnych i w locie. W badaniach laboratoryjnych sprawdzono poprawność działania każdego z elementów układu, dokonano kalibracji czujników pomiarowych oraz sprawdzono poprawność działania algorytmów przetwarzania sygnałów z czujników. W badaniach w locie sprawdzono możliwości zastosowania w ocenie własności lotnych inercyjnego układu pomiarowego odbiornika systemu GPS. Zakres przeprowadzonych badań obejmuje zagadnienia związane z kryteriami i metodyką oceny własności lotnych, urządzeniami pomiarowymi stosowanymi na statkach powietrznych, w tym układami pilotażowo-nawigacyjnymi, metodami integracji sygnałów pomiarowych oraz modelowaniem ruchu statku powietrznego.

**Andrzej SZUMAŃSKI** (Politechnika Warszawska)

#### ITERACYJNA METODA OBLICZANIA OBCIĄŻEŃ WIRNIKÓW ŚMIGŁOWCÓW Z ZASTOSOWANIEM METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

Współczesne rozwiązania konstrukcyjne wirników śmigłowcowych znacznie odbiegają od rozwiązań dotychczas stosowanych. Dotyczy to przeważnie struktur kompozytowych a zwłaszcza ich węzłów mocowania, niejednokrotnie integralnie przechodzących w głowicę wirnika. Szczególnie uwidacznia się to w rozwiązaniach wirników bezłożyskowych, w których wprowadzono kompozytowe elementy skrętne i/lub węzły elastomerowe, niejednokrotnie spełniające rolę tłumików. Dotychczas stosowane modele obliczeniowe stają się zbyt uproszczone i nie pozwalają na ocenę obciążeń oraz sprzężeń strukturalnych pojawiających się zwłaszcza w nasadzie łopaty. Konieczne jest wprowadzenie dokładniejszych modeli struktury łopaty. Taką propozycję przedstawiono w artykule, prezentując iteracyjne rozwiązanie drgań wymuszonych modelu struktury łopaty wirnika pod wpływem obciążeń, w ustalonych i quasi-ustalonych stanach lotu.

**Marek MILLER, Wojciech KANIA, Tadeusz CZECHYRA** (Instytut Lotnictwa),  
**Janusz NARKIEWICZ** (Politechnika Warszawska)

#### ZASTOSOWANIE UKŁADÓW AKTYWNEGO STEROWANIA ŁOPAT WIRNIKA NOŚNEGO ŚMIGŁOWCA W REDUKCJI HAŁASU I DRGAŃ ORAZ POPRAWY OSIĄGÓW

W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania aktywnego sterowania łopat wirnika nośnego śmigłowca do redukcji hałasu i drgań oraz poprawy osiągnięć. Prace w zakresie opracowywania nowych, cichych i efektywnych pod względem osiągnięć aerodynamicznych i sterowania wirników nośnych śmigłowców są prowadzone praktycznie przez większość ośrodków badawczych oraz wytwórców śmigłowców na świecie. Własności wirnika nośnego w największym stopniu decydują o parametrach eksploatacyjnych całego śmigłowca: osiągnięciach, manewrowości, poziomie drgań i hałasu, jakości sterowania, itd. Jednym ze sposobów poprawy osiągnięć wirnika nośnego jest zastosowanie układu aktywnego sterowania łopat wirnika nośnego śmigłowca. Badania nad takimi rozwiązaniami są obecnie prowadzone przez przemysł lotniczy na świecie (Eurocopter, Boeing) (rys. 1). Są one także tematem projektów w ramach europejskich programów badawczych (FRIENDCOPTER). Układy aktywnego sterowania są konstruowane z wykorzystaniem różnorodnych materiałów inteligentnych, które działają jako czujniki i/lub siłowniki, co pozwala na szybkie dostosowanie sterowania do zmieniających się warunków pracy sterowanego układu. Najczęściej stosowane materiały piezoelektryczne są wbudowywane w konstrukcję łopaty jako moduły z piezosiłownikami lub piezokompozyty. W zależności od sposobu zabudowy wielkością sterowaną jest kąt wychylenia klapki lub odkształcanie segmentu łopaty w celu zmiany jego kąta skręcenia. W zależności od miejsca zamocowania materiałów inteligentnych aktywne sterowanie dotyczy całej łopaty lub tylko jej zewnętrznej części.

**Marek MILLER** (Instytut Lotnictwa), **Janusz NARKIEWICZ** (Politechnika Warszawska)

#### ZASTOSOWANIE OGÓLNEGO MODELU OBIEKTU RUCHOMEGO DO ANALIZY STATECZNOŚCI TILTROTORA

Opracowano symulacyjny model statku powietrznego typu tiltrotor dla potrzeb analizy osiągnięć, stabilności i sterowania oraz symulacji lotu. Model wiroplata złożony jest z kadłuba, skrzydeł, usterzenia ogonowego, gondoli silnikowych i wirników. Równania ruchu zostały uzyskane z sumowania obciążeń bezwładności, grawitacyjnych i aerodynamicznych działających na każdy element statku powietrznego. Obciążenia aerodynamiczne skrzydeł, stateczników i łopat wirników zostały obliczone z zastosowaniem quasi-stacjonarnego modelu opływu. Do wyznaczania prędkości indukowanej wirników zastosowano model Glauerta. Wpływ na czasy z wykorzystaniem aktualnej wartości prędkości indukowanej. Program do modelowania wiroplata został opracowany w środowisku MatLab. Program złożony jest z modułów służących do obliczeń obciążeń poszczególnych elementów wiroplata, które wykorzystywane są również do wyznaczania warunków stanów ustalonych, stateczności i macierzy sterowania. Podczas pierwszego etapu badań wyznaczono warunki lotu ustalonego wiroplata typu tiltrotor w różnych konfiguracjach co pozwoliło zbadać zachowanie i potwierdzić poprawność modelu.

**Dénes SZILÁGYI** (College of Nyíregyháza Department of Transportation, H-4400.  
Nyíregyháza, Sóstói út. 31/b, Hungary)

#### AERODYNAMICZNY I DYNAMICZNY MODEL ŁOPAT WIRNIKÓW

W celu wyznaczenia aerodynamicznych i dynamicznych obciążeń łopaty dolnego wirnika układu współosiowego na bazie teorii pędu elementu łopaty został zbudowany model obliczeniowy z uwzględnieniem: wiru u wierzchołka łopaty, zjawisk przejściowych wskutek niestabilnego opływu profili łopat, ruchów składowych jak wahanie pionowe i przekręcenie wokół osi łopaty, odkształcenia giętnego oraz wpływu układu sterującego. Łopata będzie się znajdować w ogólnym stanie równowagi, który można policzyć jako rozwiązanie asymptotyczne

układu równań różniczkowych, równań różniczkowych nieliniowych ruchu w przypadku wahań pionowych i przekręcenia łopaty wokół osi, równań modalnych odkształceń elastycznych z uogólnionymi masami i siłami. Równania sił aerodynamicznych rozwiązano przez kombinację impulsów, elementu łopaty oraz metody wirowej.

**Tomasz ŁUSIAK** (Politechnika Lubelska)

#### INTERFERENCJA WIRNIK NOŚNY – WIRNIK OGONOWY

W artykule przedstawiono modele zaburzeń opływu śmigłowca w płaszczyźnie wirnika ogonowego wywołanych bliskością wirnika nośnego. Przedstawiono model śladu zawirnikowego w oparciu o zasadę Biota i Savarta w celu określenia zaburzeń pola prędkości indukowanej przez wirnik nośny w płaszczyźnie wirnika ogonowego [4].

**Jarosław STANISŁAWSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH DO OKREŚLANIA STANU OBCIĄŻENIA WIRNIKA NOŚNEGO

Zastosowanie sieci neuronowej umożliwi, na podstawie łatwiej dostępnych danych pomiarowych jak prędkość lotu oraz wychylenia sterownic, określanie wartości parametrów trudniejszych do pomiaru, które w czasie normalnej eksploatacji śmigłowca nie są rejestrowane. Zadanie bieżącej kontroli obciążeń wirnika oraz oceny poziomu zapasu do osiągnięcia ograniczeń eksploatacyjnych może przejąć sieć neuronowa. Wyniki działania wytrenowanych sieci neuronowych wyznaczających amplitudy i wartości średnie momentu sterowania łopata i momentu gnącego korpus piasty przedstawiono w formie wykresów rozrzutu wartości obliczeniowych w zestawieniu z wartościami oszacowania danego parametru dokonanego przez sieci.

**Jan BRONOWICZ** (PZL Świdnik S.A.)

#### SPROWADZANIE WYNIKÓW POMIARÓW CHARAKTERYSTYK OSIĄGOWYCH ŚMIGŁOWCÓW DO WARUNKÓW ZADANYCH

Próby w locie wykonywane są zazwyczaj w warunkach atmosferycznych różnych od pożądanых czy oczekiwanych. Ponadto parametry lotu podczas prób najczęściej różnią się od założonych. Dlatego zawsze istnieje potrzeba sprowadzenia wyników pomiarów w locie do warunków zadanych. W artykule została przedstawiona metoda sprowadzania do warunków zadanych wyników pomiarów w locie parametrów osiągowych śmigłowca.

**Stanisław POPOWSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### POKŁADOWY UKŁAD POMIAROWO-REJESTRUJĄCY W BADANIACH ZJAWISKA PIERŚCIENIA WIROWEGO

W artykule przedstawiono wybrane problemy pomiaru parametrów lotu na śmigłowcu Mi-2 Plus, oraz na modelu śmigłowca, podczas badań zjawiska pierścienia wirowego. Przedstawiono wykorzystaną w tych badaniach aparaturę pomiarową, opisano metodykę pomiarów oraz zaprezentowano przykładowe wyniki badań. Szczegółowo przedstawiono konstrukcję zespołu czujników inercjalnych o podwójnym rezerwowaniu, wykonanego z wykorzystaniem elementów typu MEMS, oraz rejestratora mierzonych parametrów zintegrowanego z odbornikiem GPS. Opisano problem pomiaru małych prędkości śmigłowca (zarówno składowych horyzontalnych jak i pionowej) oraz przedstawiono problemy związane z pomiarem kątów orientacji. Rozważania teoretyczne zilustrowano zarejestrowanymi wynikami z lotów badawczych wykonanych na śmigłowcu Mi-2 Plus oraz na modelu śmigłowca.

**Mariusz KOZAK** (Politechnika Lubelska)

#### ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA PODWOZIA CHOWANEGO NA ŚMIGŁOWCU W-3A SOKÓŁ

Istniejący obecnie średni, wielozadaniowy śmigłowiec W-3A posiada szereg udokumentowanych zalet, posiada również pewne wady. Do najważniejszych zaliczyć trzeba znaczące opory ruchu, generowane we wszystkich fazach lotu przez układ podwozia stałego, trójpodporowego,

którego podzespoły wysunięte są poza obrys bryły kadłuba. Prezentowana praca dotyczy zmian tego stanu rzeczy poprzez wprowadzenie podwozia składanego – półchowanego, szczególnie głównego. W celu rozwiązania postawionego zagadnienia konstrukcyjnego poddano analizie istniejące konstrukcje takiego podwozia w aspektach: kinematycznym, dynamicznym i technologicznym w wyniku czego zaproponowano wstępnie dwie koncepcje. Koncepcje rozważono w kontekście jak najmniejszych zmian w istniejącej konstrukcji śmigłowca W-3A i jak najlepszym spełnianiu „funkcji celu” podwozia chowanego. W efekcie wybrano koncepcję ostateczną, zgodnie z którą poprowadzono dalsze prace. Następnie rozpatrzono stany obciążeń mechanicznych podwozia śmigłowca W-3A o różnych masach startowych, w różnych – szczególnie ekstremalnych przypadkach lądowań śmigłowca. Pozwoliło to zawęzić obszar działań projektowych. Główny cel pracy zrealizowano w kilku fazach. Przeanalizowano układ kinematyczny nowoprojektowanego podwozia głównego, opracowano struktury geometryczne podwozia a następnie wykonano analizy wytrzymałościowe głównych elementów przy zastosowaniu metody MES. W ich wyniku opracowano wstępny projekt konstrukcyjny układu głównego podwozia składanego. Całe przedsięwzięcie poddano analizie techniczno-ekonomicznej.

**Janusz NARKIEWICZ** (Politechnika Warszawska)

#### METODY BADANIA WŁASNOŚCI ROZWIĄZAŃ LINIOWYCH UKŁADÓW RÓWNAŃ RÓŻNICZKOWYCH ZWYCZAJNYCH PRZYDATNE DO ANALIZY RUCHU ŁOPAT WIROPŁATÓW

W artykule przedstawiono podstawy matematyczne metod badania własności rozwiązań liniowych układów równań różniczkowych zwyczajnych ze współczynnikami okresowymi względem czasu. Układy takie opisują między innymi ruch łopat wirników śmigłowców wymuszanych przez niesymetrię opływu w locie poziomym. Analiza rozwiązań układów równań różniczkowych z okresowymi współczynnikami wymaga stosowania specjalnych metod wywodzących się z twierdzenia Floqueta. Omówiono pojęcie stateczności ruchu układu, istnienie i własności rozwiązań, metody badania stateczności w tym obliczanie macierzy monodromii, mnożników i wykładników charakterystycznych oraz metodę wyznaczania rozwiązania okresowego.

**Tadeusz CZECHYRA** (Instytut Lotnictwa), **Przemysław BIBIK**, **Janusz NARKIEWICZ**  
(Politechnika Warszawska)

#### PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH OBCIĄŻEŃ MODELU WIRNIKA NOŚNEGO ŚMIGŁOWCA Z WYNIKAMI SYMULACJI NUMERYCZNEJ PROGRAMU FLIGHTLAB

Celem pracy było badanie wpływu zaburzeń kształtu profili łopat na obciążenia wirnika. Badania dotyczyły wirnika śmigłowca IS-2. W referacie porównano wyniki badań eksperymentalnych obciążeń modelu wirnika śmigłowca prowadzonych w Instytucie Lotnictwa z obliczeniami programem FLIGHTLAB przeprowadzonymi na Politechnice Warszawskiej.

**Zbigniew T. PAĞOWSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA BIOKOMPONENTÓW W PALIWACH DO SILNIKÓW LOTNICZYCH

Przedstawiono możliwości zastosowania biokomponentów w paliwach lotniczych do silników tłokowych i turbinowych, uwzględniając poważniejsze osiągnięcia w tym względzie między innymi z USA, Niemiec, Brazylii. Autor publikacji opiera się przy tym o kontakty Instytutu Lotnictwa z czołowymi ośrodkami światowymi wprowadzającymi biopaliwa, jak Centrum Rozwoju Lotniczych Paliw Odnawialnych Uniwersytetu Baylor w Teksasie, akcji koordynacyjnej 6 Programu Naukowego Unii Europejskiej Aeronet III a także o ostatnie osiągnięcia firmy Embraer. Artykuł proponuje podjęcie wdrażania biokomponentów do polskiego lotnictwa. Wydaje się, że Polska potencjalnie jeden z największych producentów biopaliw w Europie powinna podjąć to strategiczne wyzwanie z wielu względów ekonomicznych, ekologicznych i technicznych, o czym pokrótce w artykule.

**Jacek MAŁECKI** (PZL Świdnik S.A.)

#### DYNAMIKA STRUKTURALNA ŚMIGŁOWCA PZL-4 – IDENTYFIKACJA, KONCEPCJE REDUKCJI POZIOMU DRGAŃ, ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE I OCENA ICH SKUTECZNOŚCI

W prezentacji zawarto zarys problemów dynamiki strukturalnej śmigłowca SW-4 – identyfikacji postaci i częstości charakterystycznych śmigłowca oraz jego podzespołów poprzez analizy obliczeniowe, próby naziemne oraz próby w locie. Przedstawiono także koncepcje redukcji poziomu drgań śmigłowca poprzez różnorodne działania konstrukcyjne. Zaprezentowano wyniki analiz oraz prób urządzeń i rozwiązań konstrukcyjnych obniżających poziom wibracji śmigłowca. Uzyskane rezultaty zastosowania poddano krytycznej analizie skuteczności działania oraz ich wpływu na niektóre inne charakterystyki śmigłowca. Prezentacja stanowi przekrój prac prowadzonych w PZL Świdnik w ramach programu obniżania poziomu drgań śmigłowca SW-4.

**Robert STACHYRA** (WSK PZL Rzeszów)

#### KONCEPCJA SILNIKA TURBINOWEGO DO NAPĘDU LEKKICH ŚMIGŁOWCÓW

Współczesne śmigłowce o masach startowych poniżej 1000kg napędzane są zwykle silnikami tłokowymi. W niniejszej pracy pokazano, że w niektórych zastosowaniach tych śmigłowców, napęd turbinowy może okazać się lepszym rozwiązaniem od napędu tłokowego. Szczególnie w niektórych statkach bezzałogowych. W dalszej części przedstawiono koncepcyjny projekt turbinowego silnika małej mocy przeznaczonego do napędu wybranej klasy lekkich śmigłowców. Geometrię silnika wstępnie określono na podstawie obliczeń termodynamiczno-przepływowych.

**Wiesław HAWRYLECKI**

#### WŁASNOŚCI ROLKOWEGO ELIMINATORA DRGAŃ PIASTY WIRNIKA W OPISIE NIELINIOWYM

Szeroko obecnie spotykanymi środkami służącymi do osłabiania drgań śmigłowców są bezwładnościowe eliminatory montowane zwykle na piaście wirnika nośnego. Wśród nich, najczęściej spotykanym typem są eliminatory bifilarne. Eliminatory rolkowe stosowane były dawniej głównie w wolnoobrotowych silnikach spalinowych. PZL-W3 jest jedynym śmigłowcem w świecie na którym, z powodzeniem, zastosowano rolkowy eliminator drgań piasty wirnika. Zasadnicze trudności związane z zaprojektowaniem dobrze działającego eliminatora polegają na właściwym ustaleniu jego charakterystycznych wymiarów i jego nastrojeniu. Obecnie stosowane sposoby obliczania tych wymiarów, wymagają dokładnej znajomości parametrów drganiowych śmigłowca, szczególnie tłumienia i sztywności, zredukowanych do końcówki wału wirnika gdzie montowany jest eliminator. Wszystkie metody obliczeniowe bazują na założeniu małych drgań mas czynnych eliminatora. W artykule rozpatrzony został przypadek dużych wychyleń mas czynnych eliminatora. Tak postawiony problem prowadzi do nieliniowych równań ruchu tych mas. Założenie nieliniowości może dać okazję do ustalenia nowych związków pomiędzy parametrami eliminatora, co może dać możliwość optymalizacji jego wymiarów, albo wskazać na jego nowe własności. Wyniki rozważań teoretycznych zostaną zestawione z wynikami doświadczeniem wynikającym z eksploatacji eliminatorów rolkowych na śmigłowcach W-3.

### PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 3/2006 (186)

**Jarosław STANISŁAWSKI** (Instytut Lotnictwa)

#### SYMULACYJNE BADANIA DYNAMIKI I EKSPLOATACJI ŚMIGŁOWCA Z ZASTOSOWANIEM SIECI NEURONOWYCH

W pracy przedstawiono wyniki badań symulacyjnych dotyczących dynamiki śmigłowca, obciążeń wirnika nośnego, stanów lotu w przypadku awarii napędu oraz uszkodzeń łopat wirnika. Opracowano pakiet oprogramowania umożliwiający analizę pracy odkształcalnych łopat

wirnika uzupełniony dodatkowymi procedurami modelującymi turbulencję atmosfery, wpływ sprężystego podparcia wirnika oraz turbinowy zespół napędowy. Programy symulacyjne użyto do generacji danych, wykorzystanych następnie do treningu sieci neuronowych. Przedstawiono wyniki działania sieci neuronowych do następujących zadań: rozpoznawanie uszkodzeń łopat wirnika, wyznaczanie zapasu wysokości do manewru kontynuacji lotu przy częściowej awarii napędu oraz oszacowanie wielkości wybranych składowych obciążenia łopat wirnika.

## PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 4/2006 (187)

**Andrzej KRZYŚIAK** (Instytut Lotnictwa)

### EKSPERYMENTALNE BADANIA DYNAMICZNEGO PRZECIAGNIĘCIA OSCYLUJĄCEGO PROFILU NACA 0012

Niniejsza praca stanowi efekt ponad 2-letnich prac nad zagadnieniem dynamicznego przeciągnięcia profili śmigłowcowych realizowanych w Zakładzie Aerodynamiki Instytutu Lotnictwa, wykonywanych w ramach projektu badawczego finansowanego przez KBN. Zjawisko dynamicznego przeciągnięcia, czyli opóźnienia oderwania przepływu na opływanych powierzchniach wykonujących ruchy oscylacyjne występuje m.in. na łopacie powracającej wirnika nośnego śmigłowca i jest związane z tworzeniem się wiru na krawędzi natarcia profilu przy kątach natarcia większych od statycznego kąta krytycznego oraz jego przemieszczaniem w kierunku krawędzi spływu wraz ze wzrostem kąta natarcia. Wystąpienie tego wiru powoduje nie tylko istotny wzrost siły nośnej na łopatach wirnika, lecz również wyraźny wzrost pochodnej siły nośnej względem kąta natarcia, a następnie w trakcie jego przemieszczania gwałtowny przyrost ujemnego momentu pochylającego. Wspomniane powyżej efekty dynamicznego przeciągnięcia mają istotne znaczenie przy projektowaniu łopat wirników śmigłowców. Określenie dynamicznych charakterystyk aerodynamicznych jest niezbędne przy projektowaniu śmigłowców o wysokich osiąгах, a także dla uniknięcia niekorzystnych zjawisk towarzyszących dynamicznemu przeciągnięciu. Przeprowadzenie tunelowych badań charakterystyk aerodynamicznych profili w warunkach dynamicznego przeciągnięcia w Instytucie Lotnictwa, wymagało zaprojektowania i wykonania układu wymuszającego oscylacyjne ruchy profilu w tunelu aerodynamicznym N-3, a także wykonania specjalnie przystosowanego do tego typu badań modelu profilu NACA 0012. Do pomiaru rozkładu ciśnienia na profilu zakupiono trzy elektroniczne skanery ciśnienia, które w trakcie badań umieszczone były wewnątrz badanego modelu. Ponadto, zmodyfikowano istniejący system pomiarowo-rejestrujący tunelu N-3 przystosowując go do badań dynamicznych. Po wdrożeniu nowego układu pomiarowego oraz nowego oprogramowania służącego do: zbierania danych pomiarowych, obliczania rozkładów ciśnienia na profilu, obliczania poprawek interferencyjnych tunelu oraz współczynników aerodynamicznych, wykonano testowe badania statyczne profilu wzorcowego NACA 0012 i porównano wyniki tych badań z wynikami uzyskanymi w innych tunelach na świecie. Duża zgodność tych wyników potwierdziła prawidłowość stosowanej techniki badawczej. Wykorzystując nowo wdrożony układ pomiarowy do badań dynamicznych, przeprowadzono pomiary rozkładu ciśnienia na wykonującym ruchy oscylacyjne profilu NACA 0012 dla szeregu wybranych parametrów badań takich, jak: liczba Macha, średni kąt natarcia modelu, częstotliwość drgań profilu oraz amplituda tych drgań. Na podstawie uzyskanych rozkładów ciśnienia na profilu obliczono wartości podstawowych współczynników aerodynamicznych tj. współczynnika siły nośnej  $C_z$  oraz współczynnika momentu pochylającego  $C_{my}$ . W pracy przedstawiono wyniki badań symulacyjnych dotyczących dynamiki śmigłowca, obciążeń wirnika nośnego, stanów lotu w przypadku awarii napędu oraz uszkodzeń łopat wirnika. Opracowano pakiet oprogramowania umożliwiający analizę pracy odkształcalnych łopat wirnika uzupełniony dodatkowymi procedurami modelującymi turbulencję atmosfery, wpływ sprężystego podparcia wirnika oraz turbinowy zespół napędowy. Programy

symulacyjne użyto do generacji danych, wykorzystanych następnie do treningu sieci neuronowych. Przedstawiono wyniki działania sieci neuronowych do następujących zadań: rozpoznawanie uszkodzeń łopat wirnika, wyznaczanie zapasu wysokości do manewru kontynuacji lotu przy częściowej awarii napędu oraz oszacowanie wielkości wybranych składowych obciążenia łopat wirnika.

## **PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 1/2007 (188)**

### **PRZEGLĄD POLSKICH PRAC Z DZIEDZINY ZMĘCZENIA KONSTRUKCJI LOTNICZYCH W LATACH 2005 DO 2007**

Przeгляд zawiera opisy prac zrealizowanych w latach 2005, 2007 w obszarze zmęczenia konstrukcji lotniczych. W pracach uczestniczyli:

Instytut Lotnictwa, Warszawa,  
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa,  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków,  
Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa,  
Politechnika Rzeszowska, Rzeszów,  
Politechnika Warszawska, Warszawa,  
PZL Świdnik, Świdnik,  
PZL Mielec, Mielec.

Wydawca: Antoni Niepokólczycki

Instytut Lotnictwa

Aleja Krakowska 110/114

02-256 Warszawa, Polska

Telefon (48 22) 846 08 01 wew. 546, fax (48 22) 846 75 36

e-mail: antekn@ilot.edu.pl

#### **Spis treści**

##### **1. WSTĘP**

##### **2. ŚMIGŁOWCE**

- 2.1. Próba zmęczeniowa głowicy piasty wirnika nośnego śmigłowca PZL SW-4
- 2.2. Próba zmęczeniowa statecznika poziomego i pionowego śmigłowca PZL SW-4
- 2.3. Próba zmęczeniowa cięgna śmigła ogonowego śmigłowca PZL SW-4
- 2.4. Próba zmęczeniowa wału WN śmigłowca W-3A
- 2.5. Numeryczna analiza naprężeń i trwałości zmęczeniowej pierwszego stopnia turbiny silnika śmigłowca
- 2.6. Zastosowanie sieci neuronowych do określenia obciążeń głowicy śmigłowca

##### **3. SAMOLOTY**

- 3.1. Kontynuacja próby zmęczeniowej usterzenia samolotu M-28
- 3.2. Próba zmęczeniowa przedniego podwozia samolotu M-28
- 3.3. Badania nieniszczące stanu wybranych elementów samolotu SMG-92 Turbofinist
- 3.4. Badania w locie obciążeń konstrukcji samolotu Mig-29
- 3.5. Statyczne i zmęczeniowe próby elementów obudowy wentylatora samolotu A-318
- 3.6. Badania zmęczeniowe kompozytowego dźwigara skrzydła samolotu I-23
- 3.7. Numeryczna analiza zmęczeniowa połączenia skrzydło-kadłub

##### **4. MATERIAŁY**

- 4.1. Badania wpływu obciążeń zmęczeniowych i udarowych na wytrzymałość pozostającą
- 4.2. Rekonstrukcja przebiegu obciążenia na podstawie analizy faktograficznej
- 4.3. Wzrost pęknięć zmęczeniowych w stopie aluminium D16Cz

## 5. POŁĄCZENIA

- 5.1. Metoda analizy lokalnych zjawisk zachodzących w nitowych połączeniach cienkościennych struktur lotniczych
- 5.2. Poprawa trwałości zmęczeniowej połączeń nitowych stosowanych w konstrukcjach lotniczych

## 6. INNE

- 6.1. Nowe krzywe graniczne wytrzymałości zmęczeniowej złożonego stanu naprężeń
- 6.2. Autonomiczny rejestrator obciążeń zmęczeniowych

W wyniku prezentacji dwóch przeglądów prac z dziedziny zmęczenia konstrukcji lotniczych w Polsce obejmujących lata 2003,2005 (Prace Instytutu Lotnictwa Nr 180) oraz 2005÷2007 (wydanie bieżące) Polska została przyjęta do ICAF, jako jego 14 uczestnik. Do tej pory w ICAF uczestniczyło 13 państw: USA, Kanada, Wielka Brytania, Niemcy, Francja, Izrael, Holandia, Szwecja, Australia i Nowa Zelandia, Włochy, Japonia, Szwajcaria i Finlandia (od 2005 r.).

### PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 2/2007 (189)

**Grzegorz SOCHA** (Instytut Lotnictwa)

#### NOWA METODA WCZESNEGO WYKRYWANIA I MONITOROWANIA KUMULACJI USZKODZEŃ STALI KONSTRUKCYJNYCH

Zasadniczą częścią prezentowanej pracy jest opis nowej metody badania kumulacji uszkodzeń sprężysto-plastycznych materiałów konstrukcyjnych poddanych obciążeniom cyklicznie zmiennym i możliwości jej wykorzystania do poprawy bezpieczeństwa i obniżenia kosztów eksploatacji konstrukcji. Opis ten jest poprzedzony, w pierwszej części pracy wstępem i prezentacją wybranych badań autora, które dotyczyły kumulacji uszkodzeń w prostym i złożonym stanie naprężenia. W drugiej części pracy zaprezentowano obecnie stosowane metody badania zjawiska degradacji materiałów konstrukcyjnych. Omówiono tradycyjnie stosowane w przemyśle metody określania trwałości materiału i wytrzymałości na zmęczenie. Dwa następne rozdziały zawierają opis wybranych modeli kumulacji uszkodzeń materiału oraz opis parametrów uszkodzenia definiowanych przez zmiany właściwości mechanicznych, właściwości fizycznych lub parametrów metalograficznych. Następny rozdział zawiera opis proponowanej metody pomiaru uszkodzenia materiału. Metoda ta opiera się na lokalnym pomiarze odkształceń niesprężystych gładkich próbek poddanych wahadłowemu cyklowi naprężenia. Podczas sterowanego naprężeniem testu o stałej amplitudzie mierzony jest lokalnie zakres odkształceń niesprężystych w cyklu obciążenia. Zmiana mierzonego zakresu odkształceń niesprężystych jest uważana za objaw postępującej degradacji badanego materiału. Analiza otrzymanych wyników badań pozwala na podział procesu degradacji na trzy fazy: stabilizacji odpowiedzi cyklicznej materiału, wzrostu uszkodzenia struktury krystalicznej, oraz propagację dominującego pęknięcia zmęczeniowego. Te trzy fazy oddziela moment enukleacji pierwszych uszkodzeń oraz uformowania pęknięcia dominującego. W kolejnym rozdziale opisana jest propozycja nowego rodzaju charakterystyki materiałów konstrukcyjnych – Krzywej Szybkości Kumulacji Uszkodzenia (KSKU). Krzywa ta przedstawia szybkość procesu degradacji materiału  $dD/dn$  jako funkcję amplitudy naprężenia. Na podstawie zaproponowanej charakterystyki (KSKU) została oszacowana trwałość trzech gatunków stali konstrukcyjnych poddanych obciążeniom o zmiennej amplitudzie. Rezultat oszacowania porównano z wynikami odpowiednich testów otrzymując bardzo dobrą zgodność. Względny błąd oszacowania nie przekracza 10%, co jest wynikiem znacznie lepszym niż uzyskiwany przy zastosowaniu tradycyjnego podejścia. W ostatnim rozdziale opisano inne, bardzo ważne w praktyce inżynierskiej możliwości wykorzystania proponowanej metody badawczej: metodę pomiaru uszkodzenia materiału oraz metodę kalibracji nieniszczących metod badania uszkodzenia materiałów konstrukcyjnych.

## PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA 3/2007 (190)

**Krzysztof WIKLIK** (Instytut Lotnictwa)

### ALGORYTMY STEROWANIA DO SILNIKÓW LOTNICZYCH I UKŁADÓW ZARZĄDZANIA CIĄGIEM

W pracy podano algorytmy praw sterowania do turbinowych silników odrzutowych i układów zarządzania ciągiem. Przedstawiono metody symulacyjne umożliwiające określenie nastaw, które zapewniają spełnienie wymaganych kryteriów jakości sterowania. Otrzymane wyniki potwierdzają skuteczność metod symulacyjnych przy projektowaniu układów sterowania do silników i samolotów przyszłych generacji.

#### **Spis treści**

Oznaczenia

1. WPROWADZENIE
  2. ALGORYTMY PRAW STEROWANIA DO TURBINOWYCH SILNIKÓW ODRZUTOWYCH
    - 2.1. Regulatory
    - 2.2. Ograniczniki akceleracji
    - 2.3. Ograniczniki deceleracji
    - 2.4. Ograniczniki wartości minimalnych i maksymalnych
  3. ALGORYTMY PRAW STEROWANIA DO UKŁADÓW ZARZĄDZANIA CIĄGIEM
    - 3.1. Ograniczniki prędkości przyrządowej
    - 3.2. Ograniczniki prędkości przecignięcia
  4. SYMULACJA KOMPUTEROWA UKŁADÓW STEROWANIA DO TURBINOWYCH SILNIKÓW ODRZUTOWYCH I UKŁADÓW ZARZĄDZANIA CIĄGIEM
    - 4.1. Model symulacyjny układu sterowania silnikiem
    - 4.2. Model symulacyjny układu zarządzania ciągiem
  5. WERYFIKACJE
    - 5.1. Weryfikacja wylicznika ciągu
    - 5.2. Weryfikacja kompletnego modelu układu zarządzania ciągiem
  6. DODATKOWE UKŁADY STEROWANIA DLA WYBRANYCH MANEWRÓW STOSOWANYCH W NAWIGACJI PIONOWEJ
    - 6.1. Układ sterowania zapewniający wejście na wysokość w najkrótszym czasie
    - 6.2. Układ sterowania zapewniający zejście z wysokości przy najmniejszym zużyciu paliwa
  7. PODSUMOWANIE
- BIBLIOGRAFIA  
ZAŁĄCZNIK A,  
ZAŁĄCZNIK B,  
ZAŁĄCZNIK C.