

**dr inż. Piotr Kuliński**

## **Kompensacja deformacji cieplnych struktur kompozytowych z preimpregnatów**

Promotor: dr hab.inż. Tomasz Zagrajek, prof.PW

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Zdobysław Goraj - Politechnika Warszawska

prof.dr hab.inż. Tadeusz Niezgoda - WAT

**Data obrony: 21 grudnia 2004**

Celem pracy doktorskiej było opracowanie procedury obliczeniowej korekty kształtu powierzchni roboczej foremnika kompensującej deformacje cieplne powłok kompozytowych wytwarzanych z preimpregnatów (techniką „na gorąco”). Schemat korekty oparty jest na numerycznym wyznaczaniu skorygowanego kształtu powierzchni roboczej foremnika, dla zadanego kształtu i struktury wyrobu, przy użyciu Metody Elementów Skończonych. Do modelowania powłok kompozytowych użyto 8-mio węzłowych, krzywoliniowych elementów powłokowych przystosowanych do modelowania struktur warstwowych. Ze względu na to, że lami-narne powłoki kompozytowe po utwardzaniu mogą znajdować się w stanie pokrytycznym, w modelu matematycznym uwzględniono nieliniowości wynikające z dużych ugięć. Schemat -korekty zrealizowany został jako program w języku APDL, dzięki czemu uzyskano pełną integrację z uznanym, komercyjnym pakietem MES (ANSYS). Wyniki obliczeń zweryfikowano eksperymentalnie. Elementy próbne (sześć typów) wykonano ze zbrojonego jednokierunkowo preimpregnatu węglowo-epoksydowego FIBREDUX 914C-TS-5-38%. Uzyskano dobrą zgodność wyników obliczeń z wynikami eksperymentalnymi dla różnych kształtów i układów warstw. Na podstawie wyników analiz i pomiarów sformułowano ogólne wnioski dotyczące projektowania i wytwarzania laminarnych powłok z preimpregnatów. W pracy umieszczono również podstawowe zależności nieliniowej, technicznej teorii powłok warstwowych.

---

**dr inż. Stanisław Kowalik**

## **Modelowanie warunków współdziałania mechanicznego implant ortopedyczny - tkanki kostne**

Promotor: prof.dr hab.inż. Krzysztof Kędzior

Recenzenci: dr hab. inż. Tomasz Zagrajek, prof.PW

prof. dr hab. inż. Monika Gierzyńska Dolna

**Data obrony: 11 stycznia 2005**

W pracy przedstawiono nową metodę badania układów implant-kość oraz implant cement-kość przy jednoczesnym umożliwieniu analizy zjawisk o charakterze lokalnym na styku tworzących układ elementów. Praca zawiera również propozycje sposobu generacji modeli tkanki kostnej uwzględniających jej porowatą strukturę wewnętrzną. Opracowana metoda generacji modeli numerycznych struktur porowatych pozwala na szybkie tworzenie modeli o zadanych parametrach (stopień wypełnienia, wymiary) i uniezależnia użytkownika od konieczności zdobycia i opracowania danych opisujących rzeczywisty materiał (np. pochodzących z micro-CT). Nowatorstwo pracy polega na sprzęgnięciu ze sobą symulacji numerycznych z wykorzystaniem modeli jednorodnych układów implant-kość oraz implant cement-kość i modeli niejednorodnych obszarów przypowierzchniowych współpracujących materiałów. Stałe materiałowe wykorzystane w symulacjach numerycznych modelu kości udowej zidentyfikowane zostały na stanowisku badawczym. Wyniki symulacji numerycznych porównane zostały z wynikami badań dostępnymi w literaturze, zarówno numerycznymi jak i doświadczalnymi.

Uzyskane wyniki wskazują, iż zastosowanie w badaniach układów implant-kość oraz implant cement-kość modeli uwzględniających niejednorodność kontaktujących się materiałów pozwala na dokładniejsze poznanie mechaniki pracy badanych połączeń.

---

**dr inż. Marek Miller**

**Sterowanie wiropłata typu tiltrotor w wybranych stanach lotu**

Promotor: dr hab.inż. Janusz Narkiewicz, prof. PW

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Zdobysław Goraj - PW

dr hab. inż. Krzysztof Sibilski, prof. PWR

**Data obrony: 3 marca 2005**

Celem badań opisanych w rozprawie było opracowanie modelu wiropłata typu tiltrotor do symulacji różnych stanów lotu.

Dokonano przeglądu wybranych, dostępnych w literaturze modeli fizycznych i matematycznych tego typu statków powietrznych, będącym podstawą do opracowania własnego modelu tiltrotora. Przeanalizowano własności wiropłatów z przestawianymi wirnikami (tiltrotor i tiltwing), ich wady i zalety w stosunku do konwencjonalnych wiropłatów. Na przykładzie wiropłata V-22 omówiono układ sterowania oraz metody sterowania tiltrotorem w różnych stanach lotu. Przeanalizowano dostępne w literaturze obliczeniowe modele statków powietrznych tego typu.

Opracowano matematyczny i symulacyjny model tiltrotora. Wyprowadzono równania ruchu tiltrotora z uwzględnieniem działających na niego obciążeń masowych i aerodynamicznych. Opracowany model ma charakter ogólny, pozwalający na łatwe modyfikacje, co wynika także z jego modułowej budowy. Przy obliczaniu obciążeń masowych wykorzystano w budowie modelu tiltrotora modele elementów nieruchomych oraz obracających się względem kadłuba. Przy obliczaniu obciążeń aerodynamicznych elementy tiltrotora podzielono na dwie grupy: płyty, w których zastosowano dwuwymiarowy model opływu oraz bryły, w których zastosowano trójwymiarowy model opływu.

W końcowej fazie badań dokonano obliczeń dla wybranych stanów lotu. Dane do obliczeń przyjęto na podstawie dostępnych w literaturze informacji dotyczących wiropłata V-22. Ponieważ nie były dostępne wszystkie niezbędne wartości parametrów konstrukcyjnych, część danych wykorzystanych w obliczeniach została przyjęta na podstawie porównań tiltrotora V-22 do innych statków powietrznych o podobnych wymiarach i osiąгах. Przeprowadzono obliczenia sprawdzające program pod kątem poprawności działania jego poszczególnych modułów oraz całego programu. Wykonano obliczenia warunków lotu ustalonego. Dla tych warunków lotu ustalonego badano stateczność dynamiczną i sterowność. Przeprowadzono również symulacje lotu tiltrotora z trzymanymi sterami rozpoczynając lot od warunków lotu ustalonego. Jakościowa analiza wyników obliczeń potwierdziła poprawność opracowanego modelu. Opisany model tiltrotora może zostać w przyszłości wykorzystany do symulacji innych stanów lotu, dalszych badań stateczności i sterowności, a także poddany modyfikacjom na potrzeby analizy innych statków powietrznych.

---

**dr inż. Marek Sutkowski**

**Analiza teoretyczna wysokociśnieniowego bezpośredniego wtrysku metanu do silników o zapłonie iskrowym**

Promotor: prof.dr hab.inż. Andrzej Teodorczyk

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Tadeusz Rychter - PW

prof.dr hab.inż. Jerzy Merkisz - PP

**Data obrony: 28 kwietnia 2005**

Celem badań opisanych w rozprawie było opracowanie kształtu komory spalania zapewniającego szybkie i sprawne mieszanie wtryskiwanego metanu z powietrzem. Symulacje numeryczne zostały przeprowadzone z wykorzystaniem programu KIVA-3V.

W pierwszej fazie przeprowadzona została analiza wstępna systemu bezpośredniego wtrysku metanu. Symulacje numeryczne przeprowadzone dla szeregu zmiennych parametrów (czas rozpoczęcia wtrysku, czas trwania wtrysku, kierunek wtrysku oraz ciśnienie wtrysku) umożliwiły wnikliwą analizę wpływu tych parametrów na proces tworzenia mieszanki palnej.

Druga faza głównej części badań obejmowała dobór kształtu komory spalania w silniku o zapłonie iskrowym zapewniającego szybkie i efektywne wytworzenie mieszanki palnej. W tej części pracy zostały przeprowadzone symulacje numeryczne dla kilku typowych kształtów komór spalania stosowanych w obecnie produkowanych silnikach tłokowych. Wnioski wyciągnięte z analizy wstępnej pozwoliły poprzez odpowiednie modyfikacje typowych komór spalania na opracowanie kształtu zapewniającego odpowiednio szybkie i wydajne mieszanie się wtryskiwanego metanu z powietrzem znajdującym się w cylindrze silnika.

W ostatniej fazie badań przeanalizowane zostały możliwości zaadoptowania tego systemu do zasilania silnika innymi paliwami alternatywnymi o znacznej zawartości metanu oraz wodoru. Symulacje numeryczne zostały przeprowadzone z wykorzystaniem kształtu komory spalania opracowanego w fazie drugiej. Wyniki przeprowadzonych symulacji pokazały, że kształt komory spalania jest dość uniwersalny i zapewnia efektywne mieszanie się wtryskiwanego paliwa gazowego z powietrzem również dla innych paliw ze znacznym udziałem wodoru (np. paliwo reformowane), a po drobnych modyfikacjach możliwe będzie również zastosowanie biogazu.

---

**dr inż. Rafał Deptuła**

**Modelowanie i symulacja numeryczna niesymetrycznego wejścia lekkiego sterowanego samolotu w przestrzenny podmuch**

Promotor: prof.dr hab.inż. Jerzy Maryniak

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Wojciech Blajer – PR

prof.dr hab.inż. Zdobysław Goraj - PW

prof.dr hab.inż. Jan W.Osiecki - PŚ

**Data obrony: 9 maja 2005**

W rozprawie przedstawiono model fizyczny i matematyczny dynamiki ruchu sterowanego samolotu 1-22 „Iryda” w locie przestrzennym z zastosowaniem równań Boltzmann-Hamela dla układów mechanicznych o więzach holonomicznych. Wpływ uskoku wiatru „microburst” na zmiany sił i momentów sił aerodynamicznych zamodelowano posługując się autorskim modelem matematycznym. Model uwzględnia trzy składowe prędkości postępowej pola wiatru i trzy składowe rotacji. Siła i zasięg zjawiska są regulowane jedynie przez trzy parametry.

Po identyfikacji parametrycznej samolotu 1-22 "Iryda", opracowano model symulacyjny i program umożliwiający przeprowadzenie symulacji numerycznych. Symulacje numeryczne wykonano dla fazy podejścia do lądowania i fazy wznoszenia z włączonym autopilotem, podczas mimośrodowego przelotu przez obszar oddziaływania zmiennego podmuchu. Opracowany model matematyczny zarówno samolotu jak i uskoku wiatru "microburst", z uwzględnieniem dynamiki układu automatycznego sterowania, może być zastosowany do analizy dynamiki dowolnego turboodrzutowego samolotu w locie przestrzennym.

---

**dr inż. Paweł Oleszczak**

**Badanie dynamiki tłumienia wybuchów pyłowych za pomocą wody**

Promotor: prof.dr hab.inż. Rudolf Klemens

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Kazimierz Lebecki – GIG  
prof.dr hab.inż. Piotr Wolański - PW

Tematem pracy było zbadanie wpływu różnych parametrów na skuteczność tłumienia wybuchu pyłowego z wykorzystaniem wody jako środka tłumiącego. Pierwszym etapem pracy były badania eksperymentalne mające na celu optymalizację super szybkiego, aktywnego systemu tłumienia wybuchów opracowanego w Zakładzie Silników Lotniczych Instytutu Techniki Ciepłej PW. Celem badań prowadzonych w ramach pracy było potwierdzenie możliwości wykorzystania wody jako środka do tłumienia wybuchów pyłowych, optymalizacja ładunków prochowych i pirotechnicznych stosowanych jako gazogeneratory oraz określenie wpływu momentu aktywacji na skuteczność tłumienia wybuchu pyłowego.

Kolejny etap pracy związany był z opracowaniem modelu numerycznego opisującego procesy rozwoju i tłumienia wybuchów mieszanin pyłowo-powietrznych. Postawiono tezę, że istnieje optymalna średnica kropeł wody, dla której skuteczność tłumienia wybuchu jest największa. W ramach tego etapu opracowano dwuwymiarowy model numeryczny opisujący przepływy i reakcje w mieszaninie wielofazowej, składającej się z faz: gazowej, cząstek pyłu oraz kropeł wody. Model ten tworzony był z myślą o możliwości jego dalszej rozbudowy i wykorzystania w celu wykonywania symulacji numerycznych procesów rozwoju i tłumienia wybuchów pyłowych w układach o złożonej geometrii. Pozwoliłoby to wykonywać obliczenia związane z wpływem liczby głowic tłumiących oraz ich lokalizacji na skuteczność tłumienia wybuchów pyłowych w rzeczywistych instalacjach przemysłowych.

Model został wykorzystany do przeprowadzenia obliczeń numerycznych dotyczących wpływu średnicy kropeł wody na skuteczność tłumienia wybuchu pyłowego. Na podstawie tych obliczeń stwierdzono, że istnieje pewien wąski zakres średnic kropeł wody dla którego obserwuje się największą skuteczność tłumienia wybuchu.

---

**dr inż. Marta Poćwierz**

**Pole ciśnienia, reakcje i typowe struktury POD przy nieustalonym opływie bryły**

Promotor: prof.dr hab.inż. Andrzej Styczek

Recenzenci: dr hab.inż. Jacek Rokicki – prof. PW

prof.dr hab.inż. Henryk Kudela - PWr

**Data obrony: 1 lipca 2005**

W pracy przedstawiono rozwiązania trzech problemów. Problemy te należą do kategorii "postprocesingu" przy założeniu, że dysponuje się polami wirowości i prędkości. Pola te zostały wyznaczone odrębnie za pomocą metody wirowej z losowym modelowaniem efektów dyfuzji wirowości.

Pierwsze zadanie to wyznaczenie pola ciśnienia. Pole to wyznacza się metodą spektralnych elementów skończonych dla słabego sformułowania zagadnienia  $\text{grad}(\text{niewiadoma}) = \text{zadane pole wektorowe}$ . Używane tu zadane pole wektorowe poddane jest zabiegowi oddzielenia składnika niepotencjalnego powstałego w wyniku niedokładności. Dokonuje się tego rzutowaniem na odpowiednią podprzestrzeń. Drugim zadaniem jest wyznaczenie siły działającej na opływane ciało. Zastosowano tu metodę będącą kombinacją podejścia Quartapelle-Napolitano z metodą typu polowego. Metodę Q-N zastosowano do zewnątrz wielkiej kuli otaczającej opływającą bryłę. Z wnętrza tej kuli, przez całkowanie, równania zostały przetransformowane na powierzchnie ją ograniczające. Uzyskano proste przydatne wyrażenia określające poszukiwaną siłę. Wyniki służą ocenie poprawności metody wyznaczenia pól prędkości i wirowości.

Trzecim zadaniem jest rozkład pól wektorowych na ortogonalne struktury niosące kolejno maksymalne energie kinetyczne ( struktury POD ). Struktury takie mogą posłużyć do zbudowania tzw. niskowymiarowych aproksymacji rozwiązań równań hydrodynamiki.

---

**dr inż. Mariusz Andrzejczak**

**Wykorzystanie metody filtracji adaptacyjnej do przewidywania ruchu obiektów pływających**

Promotor: prof.dr hab.inż. Janusz Narkiewicz

Recenzenci: dr hab. inż. Teresa Zielińska - prof. PW

dr hab. inż. Andrzej Banachowicz - prof. Akademii Morskiej

**Data obrony: 24 października 2005**

Celem badań przedstawionych w rozprawie było wykorzystanie metod filtracji adaptacyjnej w procesie przewidywania ruchu statku morskiego. Wielkości opisujące ruch statku (pozycja, prędkość, położenie przestrzenne) otrzymuje się jako rozwiązania równań ruchu. Wybrane parametry tych równań są identyfikowane w czasie rzeczywistym na podstawie informacji otrzymywanych z czujników nawigacyjnych.

Bezpośrednim wynikiem rozprawy jest efektywnie działający system predykcji ruchu statku oraz jego implementacja w postaci oprogramowania w środowisku MATLAB. System zawiera bloki akwizycji i filtracji sygnałów z czujników nawigacyjnych, integracji tych sygnałów, identyfikacji parametrów modelu statku oraz przewidywania jego ruchu w najbliższej przyszłości. Z poznawczego punktu widzenia ważne jest wykazanie możliwości wykorzystania filtru Juliera-Uhlmana w procesie identyfikacji, co nie było dotychczas publikowane w dostępnej literaturze.

Zakres przedstawionych w rozprawie badań obejmuje opracowanie struktury systemu predykcji, wybór algorytmu filtracji stosowanego do identyfikacji równań ruchu, dostosowanie istniejącego w Zakładzie Automatyki i Osprzętu Lotniczego modelu obiektów ruchomych do potrzeb projektowanego systemu, opracowanie algorytmów i programów obliczeniowych, opracowanie metodyki sprawdzania modelu i oprogramowania oraz wykonanie obliczeń symulacyjnych.

Poprawność działania systemu wykazano wykorzystując dane z prób morskich statku pasażerskiego, uzyskując dobre wyniki przewidywań ruchu.