

[dr inż. Paweł Wald](#)

## **Niestacjonarny opływ ciecżą lepłą drgającego profilu lotniczego**

**Promotor:** prof. dr hab. inż. Andrzej Styczek

**Recenzenci:** dr hab. Ewa Tuliszko-Sznitko - (PP)

dr hab. inż. Zdobysław Goraj, prof. PW - (MEiL PW)

**Data obrony:** 3 lutego 1999

### **Streszczenie:**

W pracy została przedstawiona idea metody wirowej "Vortex Blobs" uogólnionej do formy umożliwiającej badania opływów dowolnych konturów (bądź układów konturów) poruszających się w dowolny, zadany sposób. Podstawą metody jest sformułowanie prędkość - wirowość z dodatkowymi warunkami zapewniającymi jednoznaczność pola ciśnienia w obszarze wielospójnym. Spełnienie warunków brzegowych nakładanych na prędkość zapewnia wprowadzenie osobliwych warstw wirowych ulokowanych "nad" i "pod" opływającym konturem (podwójnej warstwy wirowej). Warstwa zewnętrzna określa produkcję wirowości na konturze, zaś warstwa wewnętrzna jest wygodnym sposobem zadania dodatkowego pola potencjalnego. Osobliwe pole wirowości uniemożliwia określenie na brzegu tensora naprężeń, toteż siły aerodynamiczne są wyznaczane, w oryginalny sposób, w oparciu o bilans pędu, który dla opływu konturu o zmiennej geometrii został sprowadzony do prostego wyrażenia algebraicznego. Na koszt numeryczny stosowanej metody ma wpływ sposób realizacji warunku brzegowego oraz sposób wyznaczania wzajemnych indukcji cząstek wirowych. Zastosowanie podwójnej warstwy wirowej oraz efektywna implementacja szybkiego algorytmu sumacyjnego Grengarda-Rokhlina umożliwiają wykonywanie obliczeń na przeciętnym komputerze klasy PC. Wykonano szereg symulacji komputerowych wyznaczając ewolucje pól prędkości i wirowości oraz przebiegi sił aerodynamicznych. Wyniki są zamieszczone w pracy postaci rysunków, będą także prezentowane jako animacje komputerowe. Stosowanie dwuwymiarowego modelu w istotny sposób ogranicza zakres stosowalności metod opartych o równanie Helmholtza. Wyniki uzyskane dla większych liczb Reynoldsa są "skażone" patologiami dwuwymiarowej turbulencji. Zgodność z eksperymentem uzyskiwana jest więc jedynie dla dużej lepkości. Dla większych liczb Reynoldsa uzyskano jedynie zgodność z innymi metodami 2D.

---

[dr inż. Pho Duc Ky](#)

## **Efektywność cieplna konstrukcji dachowych w warunkach klimatycznych Wietnamu**

**Promotor:** dr hab. inż. Piotr Furmański

**Recenzenci:** prof. dr hab. inż. Ryszard Białecki - (PŚ)

dr hab. inż. Jerzy Banaszek, prof. PW - (MEiL PW)

**Data obrony:** 8 kwietnia 1999

### **Streszczenie:**

Dach odgrywa istotną rolę w wymianie ciepła pomiędzy wnętrzem budynku i otoczeniem. Szacuje się, że całkowite zyski (lub straty) ciepła przez dach mogą sięgać 30 % całkowitej wymiany ciepła między budynkiem i otoczeniem. W klimacie umiarkowanym i zimnym największe straty ciepła występują w okresie zimowym. W klimacie tropikalnym do budynku napływa znaczna ilość ciepła podczas dni letnich. Badania przepływu ciepła przez dachy w budynkach z poddaszami mieszkalnymi i niemieszkalnymi prowadzone są na całym świecie, gdyż prowadzić mogą do znacznych oszczędności energii wydatkowanej na ogrzewanie lub chłodzenie budynków. W pracy skoncentrowano się na analizie przepływu ciepła przez rzadziej badane konstrukcje dachowe z poddaszami mieszkalnymi (stropodachami) w warunkach gorącego i wilgotnego klimatu (jaki występuje np. w Wietnamie). Zaproponowano metodę analizy opartą na przyjęciu, przy określonej strukturze stropodachu, stałych warunków termicznych w pomieszczeniu mieszkalnym znajdującym się pod stropodachem (odpowiadającym komfortowi cieplnemu) i zmiennych w czasie warunków otoczenia odpowiadających lokalnemu klimatowi. Zaproponowano również pewien wskaźnik jakości cieplnej dachu - jego efektywność cieplną (w dwóch wersjach bezpośredniej i porównawczej) pozwalającą przeprowadzać porównania termicznej reakcji

różnych konstrukcji stropodachów. W oparciu o dane meteorologiczne opracowano także program numeryczny umożliwiający przewidywanie zmian wybranych parametrów klimatu wietnamskiego w ciągu roku. Wspomnianą metodę badań przepływu ciepła przez dach oraz pojęcie jego efektywności cieplnej zastosowano przykładowo do analizy przepływu ciepła przez trzy konstrukcje stropodachów najczęściej spotykane w Wietnamie. Zbadano również zmodyfikowaną konstrukcję stropodachu z warstwą izolacji cieplnej położonej na dnie kanału wentylacyjnego. W analizie uwzględniano złożoną konstrukcję dachu oraz różne mechanizmy wymiany ciepła (przewodzenie ciepła w elementach konstrukcji i warstwach izolacji cieplnej, promieniowanie w pustkach powietrznych i konwekcje w kanale wentylacyjnym) rozwiązując numerycznie dwuwymiarowe nieliniowe równanie przewodzenia ciepła i całkowite równanie opisujące wymianę ciepła na drodze promieniowania. Zaobserwowano, że dla odpowiednio długiego czasu (około kilku dni) efektywność cieplna dąży do wartości stałej dla danej konstrukcji dachowej. Stwierdzono, że spośród rozpatrywanych stropodachów konstrukcja zawierająca kanał wentylacyjny z cienką, dwucentymetrową warstwą izolacji okazała się najlepsza.

---

[dr inż. Jacek Winiecki](#)

### **Wielokryterialne projektowanie bryły samolotu z wykorzystaniem metod panelowych**

**Promotor:** dr hab. inż. Zdobysław Goraj, prof. PW

**Recenzenci:** prof. dr hab. inż. Jerzy Lewitowicz - (MEiL PW)

prof. dr hab. inż. Aleksander Olejnik - (WAT)

**Data obrony:** 26 kwietnia 1999

**Streszczenie:**

W rozprawie opracowano metodę wielokryterialnego projektowania bryły samolotu. Tradycyjny zakres analiz wstępnych we wczesnych fazach projektowania rozszerzono o kilka zagadnień dodatkowych, zwykle pomijanych na tym etapie projektu (np. kształtowanie własności lotnych, wizualizacja bryły itp.). Do obliczeń wybranych charakterystyk aerodynamicznych samolotu wykorzystywano metody panelowe, w szczególności metodę siatki wirowej dla przepływów nieustalonych UVLM (Unsteady Vortex Lattice Method). Metodę tę wykorzystywano do wyznaczania stanów granicznych przy analizie ruchów oscylacyjnych oraz do wyznaczania obciążeń aerodynamicznych podczas manewrów. Przy analizie ruchów oscylacyjnych rozważano bilans energii wymienianej między przepływem a samolotem, na tej podstawie wnioskowano o rozbieżności lub wygaszaniu drgań. Metoda ta umożliwia badanie stateczności ruchu poza zakresem stosowalności modelu zlinearyzowanego. Siły i momenty wyznaczone metodą UVLM dla wybranych manewrów pozwalają na obliczenie współczynników obciążenia, umożliwiając wymiarowanie powierzchni sterowych, ułatwiają dostosowanie nośności konstrukcji do zbioru manewrów wynikających z misji samolotu. Do modelowania geometrii zastosowano tzw. podejście "obiektywne" - polegające na podziale samolotu na niezależne moduły oraz na przypisaniu im zbioru danych geometrycznych i procedur do ich przetwarzania i interpretacji. Podejście obiektywne ułatwiło generację siatek do obliczeń metodami panelowymi oraz uprościło analizy masowe, wizualizację bryły, zagospodarowanie wnętrza itp. Metody i zestaw procedur powstałych na potrzeby pracy, umożliwiają dopasowanie projektu do potrzeb rynku i możliwości wytwórczych drogą wczesnego przewidywania konsekwencji wynikłych z poszczególnych decyzji projektanta, mogą też przyspieszyć prace nad projektem wstępnym przez zautomatyzowanie rutynowych działań oraz ułatwienie zapisu projektu. W pracy zamieszczono przykład projektowania lekkiego samolotu. Zbudowano funkcje kryterialne i przy wykorzystaniu metody gradientowej znaleziono optymalne wartości parametrów projektu.


---

[dr inż. Gamal A. Amhalhel](#)

### **Thermodynamic Analysis of Thermochemical Energy Conversion of Concentrated Solar Radiation**

**Promotor:** dr hab. inż. Piotr Furmański

**Recenzenci:** prof. dr hab. inż. Jan Składzień - (PŚ)

prof. dr hab. inż. Roman Domański  (MEiL PW)

**Data obrony:** 20 maja 1999

**Streszczenie:**

Przez termochemiczną konwersję energii (TCEC - ThermoChemical Energy Conversion) rozumiany jest proces zamiany energii cieplnej na energię chemiczną przy wykorzystaniu odwracalnej reakcji chemicznej typu endotermicznego. Za cel pracy przyjęto zbadanie relacji między różnymi parametrami a przepływami energii zachodzącymi w trakcie tego procesu. Model teoretyczny i analiza procesu dotyczyły rozkładu termicznego pojedynczej substancji chemicznej w endotermicznej odwracalnej reakcji chemicznej zachodzącej w układzie odbiornik promieniowania słonecznego/reaktor chemiczny, który jest osłonięty, od strony padającego promieniowania, przez przezroczystą, półprzezroczystą lub nieprzezroczystą dla promieniowania słonecznego ścianką pośredniczącą. Rozpatrywano dwa wzajemnie sprzężone równania energii (dla ścianki pośredniczącej oraz układu odbiornik/reaktor) pozwalające na określenie temperatury tych części systemu TCEC oraz trzy równania bilansu ilości składników umożliwiające określenie koncentracji reagentów w układzie odbiornik/reaktor. Ponadto, zbudowano odpowiednie równania bilansu energii dla procesu termochemicznej konwersji energii promieniowania słonecznego. Bilanse te umożliwiły identyfikację przepływów i strat energii w rozpatrywanych częściach układu TCEC. Po wprowadzeniu wielkości bezwymiarowych, wspomniany układ nieliniowych równań zwyczajnych rozwiązano przy pomocy opracowanego programu komputerowego opartego o wykorzystanie metody Rungego-Kutty rzędu piątego. Dokonano porównania wyników otrzymanych z modelu z dostępnymi wynikami pomiarów zamieszczonych w literaturze i dotyczących małych urządzeń do termochemicznej konwersji promieniowania słonecznego (o charakterze laboratoryjnym). Stwierdzono dobrą zgodność wyników. Przeprowadzono następnie szerokie badania teoretyczne różnych typów reaktorów. Badania te umożliwiły ocenę wrażliwości zachowania termochemicznego odbiornika/reaktora na zmianę wartości różnych parametrów oraz określenie ich roli w termochemicznej konwersji energii promieniowania słonecznego. Wyznaczano wartości parametrów związanych z koncentracją energii przez koncentrator promieniowania, przy których proces rozkładu termicznego substratu jest możliwy. Parametry operacyjne związane z przepływem substratu przez reaktor pozwoliły na ocenę wymaganego czasu przebywania cząsteczek substratu w reaktorze. Analiza parametryczna wykazała także możliwość osiągnięcia chemicznej sprawności procesu rzędu 11% i optymalnej sprawności egzergicznej z zakresu 35-38%, która jest porównywalna z innymi procesami konwersji energii.

---

**dr inż. Jerzy Graffstein**

**Modelowanie i symulacja numeryczna dynamiki sterowanego automatycznie samolotu bezpilotowego w locie programowym**

**Promotor:** prof. dr hab. inż. Jerzy Maryniak

**Recenzenci:** prof. dr hab. inż. Jan Osiecki - (WAT)

dr hab. inż. Ryszard Vogt, prof. PW - (MEiL PW)

**Data obrony:** 9 czerwca 1999

**Streszczenie:**

W pracy przedstawiono metodę modelowania i symulacji dynamiki sterowanego, bezpilotowego samolotu. W przyjętej metodzie modelowania wykorzystano formalizm Boltzmann-Hamela. Model dynamiki sterowanego samolotu został integralnie związany z przyjętymi prawami sterowania i sprzężony ze związkami kinematycznymi. Uwzględniono wzajemny wpływ dynamiki samolotu i dynamiki jego powierzchni sterowych. Z analizy istniejących systemów wynika, że zasadniczo samolot bezpilotowy wykonuje zadanie (misję) w trybie autonomicznym. Stanowi to istotną przesłankę jaka kierowano się przy rozszerzeniu zagadnienia o elementy planowania lotu. Dla prawidłowej realizacji sterowania autonomicznego zadany plan lotu w swej zasadniczej części zawiera elementy programu ruchu określające jednoznacznie przebieg trajektorii lotu odwzorowanej wielomianowymi funkcjami sklejanymi. Zaplanowana trasa zawarta jest w bazie komputera sterowania i nawigacji i może być dodatkowo rozszerzona o informacje (np. dotyczące kontroli i ostrzegania o przeszkodach). Istotnym zagadnieniem w przedstawionej metodzie było dobranie struktury sterowania polegającej na sformułowaniu praw sterowania z jednoczesnym wykorzystaniem teorii ruchu

programowego. Przedstawiono metodę wyznaczania współczynników wzmocnienia praw sterowania zgodnie z przyjętym wskaźnikiem jakości. W pracy zamieszczono przykładowe wyniki symulacji lotu bezpilotowego samolotu realizującego testowy program ruchu. Na podstawie przeprowadzonej analizy tych wyników należy sądzić że przedstawiona metoda modelowania i symulacji znajdzie zastosowanie przy tworzeniu zautomatyzowanych procedur planowania misji bezpilotowych samolotów i projektowaniu dla nich automatycznego sterowania.

---

[dr inż. Krzysztof Rutyna](#)

### **Metody diagnozowania procesów wybuchowego formowania pocisków**

**Promotor:** dr hab. inż. Karol Jach - (WAT)

**Recenzenci:** doc. dr hab. inż. Lesław Karpiński (WAT)

prof. dr hab. inż. Piotr Wolański - (MEiL PW)

**Data obrony:** 10 czerwca 1999

#### **Streszczenie:**

Przedmiotem rozprawy jest opracowanie, zbudowanie i przetestowanie w wielu seriach eksperymentów metod diagnostyki procesów wybuchowego formowania pocisków (z angielskiego Explosively Formed Projectiles - EFP) pozwalających na ocenę parametrów pocisków zarówno na etapie formowania jak i w dowolnym miejscu na torze ich lotu. W pracy przedstawiono przeznaczenie, charakterystykę oraz omówienie podstawowych cech ładunków do wybuchowego formowania pocisków. Zaprezentowano możliwości i wyniki eksperymentalne dla praktycznie wszystkich dostępnych w kraju metod diagnostycznych mogących znaleźć zastosowanie w badaniach wybuchowo formowanych pocisków. Zweryfikowano i udoskonalono diagnostyki już stosowane we wcześniejszych badaniach oraz przedstawiono wyniki zastosowań diagnostyk wykorzystywanych w badaniach krajowych po raz pierwszy. Omówiono metody określania i diagnozowania kształtów EFP ze szczególnym uwzględnieniem fotografowania ich w locie (wykorzystując kamery elektronowoptyczne), nieniszczących metod wychwytywania pocisków w tunelu hamującym i sposobów wykorzystania systemu przesłan papierowych. Zaprezentowano wyniki poligonowych badań eksperymentalnych i przeprowadzono porównanie teorii z eksperymentem. Przedstawiono metody pomiaru prędkości pocisku na wybranych odcinkach i na całym torze jego lotu oraz wyniki pomiarów wykonane metodami: pomiaru czasu przelotu (wykorzystujące czujniki zwarciove i licznik czasu), pomiaru odległości (wykorzystujące fotografie kadrowe) oraz przy wykorzystaniu radaru dopplerowskiego. Omówiono metody określania stabilności lotu EFP I przedstawiono wyniki eksperymentalne pomiarów stabilności lotu pocisków przy wykorzystaniu rejestracji za pomocą przesłan papierowych czujników pomiarowych. Na tle metod pomiarowych (kształtu, prędkości i stabilności lotu pocisku) stosowanych w pracy, omówiono nowe rozwiązania systemów diagnostycznych w oparciu o nowe technologie i trendy światowe aktualnie wykorzystywane w krajach zachodnich. Wyniki badań zamieszczonych w pracy pozwalają na prawidłową interpretację zjawisk występujących w procesie wybuchowego formowania pocisków i wskazują kierunki działań mające na celu uzyskanie optymalnych konstrukcji głowic EFP.

---

[dr inż. Janusz Pomirski](#)

### **Synteza układu sterowania ruchem statku z wykorzystaniem regulatora typu robust**

**Promotor:** dr hab. Leszek Morawski - (Wyższa Szkoła Morska w Gdyni)

**Recenzenci:** prof. dr hab. Józef Lisowski - (Wyższa Szkoła Morska w Gdyni)

dr hab. Teresa Zielińska - (MEiL PW)

**Data obrony:** 7 czerwca 1999

#### **Streszczenie:**

Rozprawa dotyczy zagadnień sterowania ruchem statku wzdłuż zadanej trajektorii. Ze względu na silnie nieokreślony i trudny do identyfikacji model dynamiki statku, w pracy wykorzystano do syntezy sterowania teorię Hinf. Teoria ta pozwala na zastąpienie nieliniowego i niestacjonarnego modelu statku uproszczonym, liniowym modelem - powszechnie znanym modelem Nomoto II rzędu. Błędy odwzorowania (różnice pomiędzy dynamiką modelu nominalnego a dynamiką

rzeczywistego obiektu) definiowane są za pomocą funkcji wagowych określonych w dziedzinie częstotliwości. Otrzymywany w procesie syntezy regulatory typu robust zapewniają stabilność układów sterowania oraz odpowiednią jakość sterowania. Na podstawie teorii Hinf opracowano regulator kursu statku oraz dwa układy sterowania ruchem statku wzdłuż zadanej trajektorii - układ kaskadowy i układ sterowania bezpośredniego. Dodatkowo zaproponowano układ kaskadowy, w którym rolę nadrzędnego regulatora spełnia regulator heurystyczny z tzw. „promieniem wodzącym”. Opracowane układy sterowania zostały zaimplementowane i przetestowane za pomocą symulacji komputerowych oraz w czasie symulacji przeprowadzonych na izomorficznym modelu materialnym zbiornikowca „Zawrat” (144 000 DWT) wykonanym w skali 1:24. Dla potrzeb symulacji komputerowych opracowano i zidentyfikowano nieliniowy model dynamiki statku, obejmujący model zakłóceń hydrometeorologicznych i model maszyny sterowej. Układ kontrolno-pomiarowy zbudowany na jeziorze Silm dla potrzeb symulacji na modelu materialnym obejmuje m.in. optyczny system pozycyjny, mikroprocesorowy system do zbierania danych pomiarowych na modelu, kompas żyroskopowy. Całość systemu nadzoruje oprogramowanie do sterowania w czasie rzeczywistym zawierające mapę elektroniczną jeziora, moduł komunikacyjny do transmisji danych wejściowych i wyjściowych poprzez łącza szeregowo, moduł do filtracji i estymacji danych pomiarowych, moduł obliczeniowy realizujący opracowane algorytmy sterowania.

---

### **dr inż. Paweł Zareba**

### **Wpływ napięć powierzchniowych i napięcia liniowego na zjawiska zachodzące w pobliżu linii styku trzech faz**

**Promotor:** prof. dr hab. inż. Roman Domański

**Recenzenci:** prof. dr hab. inż. Stanisław Drobniak - (PCz)

Dprof. dr hab. inż. Jerzy Rutkowski - (MEiL PW)

**Data obrony:** 28 czerwca 1999

#### **Streszczenie:**

Przedmiotem przedstawionej pracy jest badanie i opis przy pomocy metody bilansowej zjawisk zachodzących w pobliżu linii styku trzech faz ze szczególnym uwzględnieniem wpływu krzywizny tej linii na wartość kąta zwilżania. Praca ma charakter zarówno teoretyczny, jak i eksperymentalny. W jej ramach zbudowano stanowisko do pomiaru napięcia liniowego oraz wykonano jego pomiary dla układu krzem, woda i powietrze. Impulsem do powstania pracy były informacje o pojawiających się w przeprowadzanych doświadczeniach i opisanych w literaturze rozbieżnościach z klasycznym modelem równowagi trzech faz. Obserwowano, że szczególnie dla małych kropeł leżących na powierzchni ciała stałego wartość kąta zwilżania jest różna od określanej przy pomocy równania Younga. W części wstępnej omówiono aktualny stan badań zjawisk zachodzących w pobliżu linii styku trzech faz zarówno w przypadku statycznym, jak i dynamicznym. Podano ogólną charakterystykę problemów badawczych oraz opis znaczenia znajomości zjawisk zachodzących w obszarze styku trzech faz dla zagadnień wrzenia, kondensacji i przepływów dwufazowych. Określono również podstawowe pojęcia i zasady związane z bilansowaniem wielkości ekstensywnych w trójwymiarowym obszarze przestrzennym zawierającym twory osobliwe oraz sposób wyprowadzania bilansów wielkości ekstensywnych na powierzchniach i liniach osobliwych. Szczegółowo sformułowano i wyspecyfikowano bilanse wielkości ekstensywnych na linii osobliwej, jak również opisano linię styku trzech faz jako szczególny jej przypadek. Określono również liniowe gęstości zasobu, produkcji i wymiany pędu oraz przeprowadzono jego bilans na mu styku trzech faz w ogólnym przypadku. Wyprowadzoną w wyniku przeprowadzenia ogólnego bilansu pędu na linii styku trzech faz zależność zredukowaną do przypadku statycznego Sprowadza się ona do rozszerzonego równania Younga. Równanie to różni się od powszechnie znanej wersji obecnością dodatkowego członu odwrotnie proporcjonalnego do promienia krzywizny linii styku trzech faz i wprost proporcjonalnego do pewnej wielkości będącej analogiem napięcia powierzchniowego i nazwanej napięciem liniowym.

Tezą rozprawy doktorskiej było założenie, że istniejące w klasycznym opisie zjawisk zachodzących w obszarze linii styku trzech faz rozbieżności pomiędzy opisem stanu równowagi i pomiarami są możliwe do usunięcia poprzez uwzględnienie napięcia liniowego jako parametru materiałowego

zależnego od wszystkich stykających się faz. Napięcie liniowe określone w niniejszej pracy jako liniowa gęstość wymiany pędu masy jest odpowiednikiem napięcia powierzchniowego rozumianego jako powierzchniowa gęstość wymiany pędu masy. Istnieje ono jedynie na linii styku faz.

Konsekwencją analitycznego, opartego na rygorystycznych zasadach bilansowych wyprowadzenia rozszerzonego równania Younga była próba doświadczalnej weryfikacji hipotezy istnienia napięcia liniowego oraz wykonanie pomiarów umożliwiających oszacowanie jego wartości dla danego układu trzech substancji. Uzyskane w wyniku przeprowadzonych pomiarów oszacowanie wartości napięcia liniowego dla układu woda, krzem, mieszanina powietrza i pary wodnej nasyconej w temperaturze 200C pozostaje w dobrej zgodności z wynikami innych autorów. Należy dodać, że wyniki pomiarów silnie zależą od wyboru metody i są rzędu od 10-12N (dla metod polegających na obserwacji cząsteczek przyłączanych do powierzchni międzyfazowej) do 10-5N (dla metod opartych na pomiarze kąta zwilżania - tak jak w niniejszej pracy). Niestety przekonywujące wyjaśnienie tego zjawiska pozostaje wciąż problemem otwartym.

---

[dr inż. Janusz Sznajder](#)

### **Zastosowanie metody brzegowych elementów osobliwych do analizy stateczności samolotu w warunkach bocznego opływu podkrytycznego**

**Promotor:** dr hab. inż. Zdobysław Goraj, prof. PW

**Recenzenci:** prof. dr hab. inż. Zbigniew Dzygadlo - (WAT)

dr hab. inż. Jacek Rokicki - (MEiL PW)

**Data obrony:** 27 września 1999

#### **Streszczenie:**

W rozprawie przeanalizowano stateczność samolotu w warunkach bocznego opływu podkrytycznego przy małych zaburzeniach względem warunków równowagi. Współczynniki aerodynamiczne, w tym większość pochodnych stateczności wyznaczono stosując metodę osobliwych elementów brzegowych. Siły i momenty aerodynamiczne oraz ich pochodne względem prędkości liniowych i kątowych - zależne od zjawisk zachodzących w warstwie przyściennej wyznaczono tradycyjnymi metodami inżynierskimi. Pochodne aerodynamiczne potencjalne obliczono jako ilorazy różnicowe zmian sił i momentów aerodynamicznych względem zmian prędkości liniowych i kątowych. Do obliczeń obciążeń aerodynamicznych zastosowano metodę panelową niskiego rzędu, przy założeniu stałych rozkładów dipoli i źródeł na płaskich panelach. Ścisłość ośrodka uwzględniono poprzez transformację Prandtla-Glauerta. Potencjał zaburzeń oraz przyrosty prędkości obliczono dla przepływu nieściśliwego, a następnie dokonano transformacji do układu odpowiadającego przepływowi ściśliwemu. Transformacje współrzędnych przy obrotach o kąt pochylania dokonano przy wykorzystaniu układu współrzędnych walcowych. Przeprowadzono analizę błędów dla obliczonych pochodnych stateczności. Wyznaczono wartości własne postaci naturalnych drgań bryły sztywnej - fugoidy, oscylacji szybkich, spirali, holendrowania i przechylania, a także czasy stłumienia amplitudy do połowy i okresy drgań. Porównano parametry poszczególnych postaci w locie z opływem symetrycznym i przy bocznym opływie, dla kąta ślizgu równego 100. Ocenę wpływu poszczególnych pochodnych na wartości własne poszczególnych postaci przeprowadzono przy pomocy współczynników wrażliwości wartości własnych względem bezwymiarowych pochodnych aerodynamicznych. Stwierdzono, że metoda elementów brzegowych zapewnia niezbędną dokładność obliczeń pochodnych stateczności. Zaletą przewagą metody elementów brzegowych w porównaniu do podejścia tradycyjnego przy wyznaczaniu współczynników na potrzeby analizy stateczności jest możliwość stosunkowo łatwego wykonania obliczeń dla wielu konfiguracji niekonwencjonalnych, silnie sprzężonych aerodynamicznie.

---

[dr inż. Mirosław Świetlik](#)

### **Analiza wybranych własności membranowego sprzęgła typu poprzeczno-szczelinowego**

**Promotor:** prof. dr hab. inż. Andrzej Olędzki

**Recenzenci:** dr hab. inż. Tomasz Zagrajek, prof. PW - (MEiL PW)

prof. dr hab. inż. Eugeniusz Świtoński - (PŚ)

**Data obrony:** 11 października 1999

**Streszczenie:**

W pracy przeprowadzono analizę własności mechanicznych oryginalnej konstrukcji stalowego sprzęgła membranowego typu poprzeczno-szczelinowego. Będące przedmiotem rozprawy sprzęgło (nazwane SM-PW) jest zbudowane na bazie cylindrycznej rury, w której wykonane prostopadle do osi przelotowe szczeliny tworzą dwa przeguby sprężyste w formie cienkich odpowiednio podpartych membran.

Przeprowadzono analizę obciążeń przenoszonych przez sprzęgło SM-PW w trakcie typowych warunków pracy. Wyróżniono tzw. obciążenie geometryczne wynikające z niewspółosiowości łączonych wałów oraz obciążenie zewnętrzne pochodzące od przenoszonego momentu skręcającego. Sformułowano pojęcie obszaru obciążeń dopuszczalnych rozumiane jako związek między granicznymi wartościami momentu skręcającego a kątem ugięcia pojedynczego przegubu, wywołanego zmiennym w czasie obciążeniem geometrycznym. Opracowano metodę wyznaczania wspomnianego obszaru uwzględniającą wysokocyklowe kryterium zmęczenia Crosslanda oraz współczynnik bezpieczeństwa.

Przeprowadzono wszechstronną analizę strukturalną sprzęgła SM-PW metodą elementów skończonych (program ANSYS). Zbudowano kilka modeli MES całego sprzęgła oraz jego fragmentów. Zasadniczą uwagę skupiono na badaniach modelu parametrycznego pojedynczego przegubu. Posłużył on do oceny wpływu podstawowych wymiarów geometrycznych przegubu na wielkość obszaru obciążeń dopuszczalnych. Zamieszczone wyniki analizy modalnej wskazują, że moment skręcający wywiera istotny wpływ na wartości częstotliwości drgań własnych. Badania stateczności dla trzech różnych modeli przegubu wykazały, że sprzęgło zachowuje stateczność w zakresie dopuszczalnego obciążenia limitowanego naprężeniami. Wyniki badań doświadczalnych wykazały zbieżność z wynikami analiz numerycznych. Wskazuje to na możliwość praktycznego zastosowania sprzęgła rozważanego typu.

---

[dr inż. Mohamed Ahmed R. A. Atshan](#)

**Modelling of Thermal Contact Phenomena During Sliding of Solids**

**Promotor:** dr hab. inż. Piotr Furmański

**Recenzenci:** prof. dr hab. inż. Janusz Terpiłowski - (WAT)

dr hab. inż. Jerzy Banaszek, prof. PW (MEiL PW)

**Data obrony:** 14 grudnia 1999 r.

**Streszczenie:**

W wielu maszynach, połączeniach mechanicznych lub procesach technologicznych występuje kontakt dwóch ciał stałych. Jako przykłady można wymienić sprzęgła i hamulce, mechanizmy krzywkowe, łożyska ślizgowe, popychacze zaworów i prowadnice w silniku spalinowym, procesy walcowania na zimno lub gorąco, itp. Określenie pól temperatury w takich układach mechanicznych, przewidywanie maksymalnych temperatur a także kierunków przepływu ciepła należą zatem do istotnych zadań. Mimo wagi procesów wymiany ciepła występujących w pobliżu styku dwóch ciał stałych przy ich ruchu poślizgowym procesy te są mało poznane i właściwe sformułowanie termicznych warunków brzegowych nie było dotąd spotykane w literaturze. Z jednej strony wiadomo, że powierzchnie stykających się ciał stałych są chropowate a więc kontakt cieplny między tymi ciałami nie jest idealny, z drugiej strony w pobliżu styku ciał generowane jest ciepło tarcia.

W pracy zaproponowano i przedyskutowano odpowiednią formę termicznych warunków brzegowych na nominalnej powierzchni styku dwóch ciał stałych przy ich względnym ruchu poślizgowym. Wspomniane warunki brzegowe zawierają dwa współczynniki: termiczną konduktancję styku (odwrotność współczynnika termicznego oporu kontaktowego) i współczynnik generacji ciepła. Pierwszy z tych współczynników odpowiedzialny jest za opór, na drodze przepływu ciepła, stawiany przez powierzchnię styku ciał (i związany z tym uskok temperatury). Drugi z wymienionych współczynników związany jest z podziałem ciepła tarcia między stykające się ciała. Współczynniki termicznej konduktancji styku i generacji ciepła mogą być wyznaczone eksperymentalnie lub teoretycznie. W tym ostatnim przypadku konieczne jest wykorzystanie

odpowiedniego "mikroskopowego" modelu przepływu ciepła poprzez styk ciał stałych i taki model został zaproponowany w pracy. Model ten składa się z trzech niezależnych podmodeli: geometrii powierzchni styku, deformacji powierzchni styku i podmodelu termicznego. Pierwszy i drugi podmodel został, w pracy, oparty na elementach fraktalnej teorii opisu chropowatej powierzchni ciał stałych.

Termiczna konduktancja styku i współczynnik generacji ciepła zależą od wielu czynników takich jak: właściwości cieplnych i mechanicznych stykających się ciał stałych, prędkości ich ruchu, topografii kontaktujących się powierzchni, obciążenia mechanicznego, itp. Przewidywane wartości termicznej konduktancji styku zostały porównane z wybranymi wynikami pomiarów zamieszczonymi w literaturze. Uzyskano dobrą zgodność wyników teoretycznych i doświadczalnych. Zaproponowano także dalsze kierunki prac w rozpatrywanej tematyce.

---