

dr inż. Dorota Oleszczak

Analiza wpływu spalania paliw kopalnych na zawartość dwutlenku węgla w atmosferze

Promotor: prof.dr hab.inż. Piotr Wolański
Recenzenci: dr hab.inż. Halina Kruczek, prof. PWR
prof.dr hab.inż. Rudolf Klemens, PW

Data obrony: 21 grudnia 2006

W rozprawie przeprowadzono analizę wpływu usprawnienia procesów spalania i usprawnienia wykorzystywania energii otrzymywanej z procesów spalania na zawartość i stężenie dwutlenku węgla w atmosferze. W szczególności analizowany był wpływ modernizacji silników stosowanych w transporcie naziemnym (tłokowych silników spalinowych), wprowadzenie napędów hybrydowych oraz wykorzystanie ogniw paliwowych w transporcie drogowym. Dodatkowo przeanalizowany został wpływ modernizacji wykorzystania energii w sektorze wytwarzania energii i sektorze przemysłowym oraz zastępowanie spalania paliw kopalnych w tych sektorach alternatywnymi źródłami energii (energia ze źródeł odnawialnych i energia jądrowa). Analiza wpływu procesów spalania na zawartość dwutlenku węgla w atmosferze została wykonana przy uwzględnieniu wszystkich antropogennych i naturalnych czynników mających wpływ na procesy emisji i pochłaniania dwutlenku węgla w atmosferze.

W wyniku przeprowadzonych analiz oraz dokonanych założeń otrzymano szereg symulacji emisji CO₂ opartych na najbardziej realistycznych założeniach dotyczących: tempa wzrostu całkowitej liczby pojazdów, przebiegu wdrażania nowoczesnych rodzajów napędów na rynek motoryzacyjny i wreszcie tempa wzrostu sprawności tych napędów, przyjmując różne przebiegi krzywych charakteryzujących zmiany tych parametrów. Na tej podstawie określono realne i najbardziej prawdopodobne scenariusze wielkości strumienia emisji dwutlenku węgla do atmosfery do roku 2050. Na podstawie uzyskanych wyników modelowania przeprowadzono dyskusję na temat wpływu działalności człowieka, a przede wszystkim emisji CO₂ z sektora transportu drogowego, na zmiany zawartości i stężenia dwutlenku węgla w atmosferze do roku 2050.

dr inż. Paweł Borkowski

Biomechaniczna analiza i projektowanie nowego typu sztucznego krążka międzykręgowego

Promotor: prof.dr hab.inż. Tomasz Zagrajek
Recenzenci: dr hab.inż. Grzegorz Milewski, prof. PK
prof.dr hab.inż. Marek Żochowski, PW

Data obrony: 9 marca 2007

Rozprawa dotyczy zagadnień modelowania kręgosłupa lędźwiowego i zjawisk zachodzących w kręgosłupie po wszczępieniu protezy krążka. Zebrano literaturę dotyczącą obserwacji klinicznych choroby zwyrodnieniowej, modelowania i badań biomechanicznych kręgosłupa. Na podstawie literatury uzupełniono podstawowe dane geometryczne i właściwości materiałowe kręgosłupa w odcinku lędźwiowym oraz zbudowano parametryczny model odcinka lędźwiowego wraz z układem więzadłowym. Model kręgosłupa utworzono w systemie ANSYS, służącym do obliczeń metodą elementów skończonych (MES).

Następnie zbudowano modele parametryczne implantów, na podstawie danych jednego z rozwiązań dostępnych na rynku oraz kilku projektów opracowanych przez autora, dla których przeprowadzono symulacje numeryczne. W obliczeniach wykorzystywano segmenty kręgosłupa składające się z dwóch kręgów, wybrane z modelu całego odcinka lędźwiowego. Symulacje dotyczyły wpływu różnego typu protez przegubowych na naprężenia w kości oraz rozkładów przemieszczeń i naprężeń w samym implancie. Obciążenia odpowiadały typowej aktywności człowieka i incydentalnym przeciążeniom. W trakcie analiz dokonywano oceny poszczególnych implantów w celu określenia zmian konstrukcji, prowadzących do lepszego odwzorowania kinematyki segmentu ruchowego, a także obniżenia poziomu naprężeń w częściach składowych protezy. Na podstawie wykonanych analiz MES zaprojektowano nowy ulepszony implant krążka międzykręgowego, dla którego następnie przeprowadzono symulacje.

Na podstawie jednego z opracowanych rozwiązań wykonano prototyp implantu (za pomocą obrabiarek sterowanych numerycznie). Zaprojektowano i wykonano oprzyrządowanie do badań segmentu kręgosłupa z prototypem protezy na stanowisku symulującym ruchy kręgosłupa,

napędzanym dwoma silnikami krokowymi. Na stanowisku tym przeprowadzono wstępne badania wytrzymałościowe i trybo logiczne modelowego segmentu kręgosłupa złożonego z dwóch kręgów i implantu.

dr inż. Paweł Kalbarczyk

Metoda optymalizacji pracy systemu ciepłowniczego z uwzględnieniem prognozy zapotrzebowania na ciepło

Promotor: prof.dr hab.inż. Janusz Lewandowski

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Janusz Skorek, PŚI

dr hab.inż. Krzysztof Badyda, prof. PW

Data obrony: 18 maja 2007

W ostatnich latach szczególnego znaczenia w dziedzinie planowania eksploatacji obiektów energetycznych nabrały zagadnienia związane z ekonomicznym użytkowaniem całych instalacji czy systemów energio-technologicznych. Dlatego można zaobserwować znaczny wzrost zainteresowania systemami wspomaganymi decyzji, głównie przez służby planowania produkcji w elektrowniach i elektrociepłowniach. Systemy takie wykorzystują najnowsze modele prognostyczne i algorytmy optymalizacji.

W przedstawionej rozprawie doktorskiej skoncentrowano się na budowie metody optymalizacji wielokryterialnej, pozwalającej na prowadzenie obliczeń dla całego systemu ciepłowniczego. Przeprowadzono analizę stosowanych w praktyce modeli prognozowania zapotrzebowania na ciepło w systemie ciepłowniczym, metod konstruowania funkcji celu i ich rozwiązywania. Wskazano również możliwości uwzględniania wpływu otoczenia na uzyskiwane wyniki obliczeń. Problem ten jest szczególnie istotny w warunkach funkcjonowania gospodarki wolnorynkowej, w której elektrownie i elektrociepłownie traktuje się jako przedsiębiorstwa działające w warunkach silnej konkurencji.

Zaproponowana w pracy metoda uwzględnia, obok uwarunkowań technicznych, kryteria ekonomiczne pozwalające na zwiększenie efektywności produkcji energii. Dla poszczególnych elementów systemu (źródło ciepła, sieć cieplna) zbudowano odpowiednie algorytmy optymalizacyjne.

Poprawność metody zweryfikowano wykonując serie obliczeń symulacyjnych dla przykładowego systemu ciepłowniczego. Uzyskane wyniki pozwoliły potwierdzić poprawność metody oraz wskazały możliwości jej praktycznego zastosowania.

dr inż. Dariusz Klimkiewicz

Badanie kinetyki spalania cząstek stałych w samochodowym filtrze spalin

Promotor: prof.dr hab.inż. Andrzej Teodorczyk

Recenzenci: dr hab.inż. Janusz Przastek, emer.prof. PW

prof.dr hab.inż. Kazimierz Golec, PK

Data obrony: 5 czerwca 2007

Badania nad systemem bezpośredniego wtrysku metanu do cylindra przeprowadzono przy użyciu trzech zmodyfikowanych narzędzi badawczych. Były nimi: maszyna pojedynczego sprężu, jednocylindrowy silnik do wizualizacji procesów zachodzących wewnątrz komory spalania oraz rzeczywisty silnik badawczy. Zasadniczą część badań przeprowadzono na silniku do wizualizacji procesów spalania. Specjalnie do badań przekonstruowano i wykonano nową głowicę tego silnika w celu umożliwienia zastosowania systemu bezpośredniego wtrysku metanu. Dzięki temu możliwa była realizacja wtrysku strugi gazu oraz zapłonu mieszanki w różnych konfiguracjach.

Badania miały na celu uzyskanie skutecznego i powtarzalnego zapłonu mieszanki gazowo-powietrznej uzyskanej w wyniku bezpośredniego, późnego wtrysku metanu do komory spalania silnika. Późny wtrysk rozumiany był jako wtrysk, którego początek miał miejsce w zakresie $100^{\circ}_0^{\circ}$ OWK przed GMP. W toku badań wykonano analizę wpływu na parametry pracy układu takich parametrów jak: chwila wtrysku, chwila zapłonu, skład mieszanki i miejsce zapłonu. Podjęto również próby polegające na intensyfikacji procesu spalania poprzez zastosowanie specjalnej komory zapłonowej oraz podwójnego wtrysku gazu do komory spalania.

W wyniku badań otrzymano przebiegi zmian ciśnienia maksymalnego w cylindrze silnika, przebiegi maksymalnych ciśnień kolejnych obiegów pracy silnika oraz serie zdjęć wizualizacyjnych z przebiegu procesów zachodzących wewnątrz komory spalania.

Wykazano, że możliwy jest skuteczny zapłon mieszanki uzyskanej w wyniku bezpośredniego wtrysku metanu wprost do komory spalania silnika oraz uzyskano powtarzalność procesu spalania na wysokim poziomie, eliminując występowanie niedopalonych lub nie zapalonych cykli pracy silnika. Ustalono, że parametrami wpływającymi na skuteczność i powtarzalność spalania w tym systemie są w dużej mierze chwila początku wtrysku gazu oraz skład mieszanki w cylindrze. W przebadanych różnych konfiguracjach układu wykazano również, że wtrysk wczesny (360° - 100° OWK przed GMP) nie zapewnia otrzymania skutecznego zapłonu mieszanki. Dodatkowo, poprawną pracę silnika uzyskano przy spalaniu mieszanek ubogich ($F = 1,6-2,1$). Dla mieszanek stechiometrycznych praca silnika była niemożliwa. Takie cechy układu skłaniają do wniosku, że w komorze spalania uzyskuje się bardzo silne uwarstwienie mieszanki gazowo-powietrznej, dzięki czemu możliwe jest spalanie mieszanek ubogich.

dr inż. Adam Janiszewski

Badanie kinetyki spalania cząstek stałych w samochodowym filtrze spalin

Promotor: prof.dr hab.inż. Andrzej Teodorczyk

Recenzenci: dr hab.inż. Ryszard Miller, prof. PW

prof.dr hab.inż. Rudolf Klemens, PW

Data obrony: 20 czerwca 2007

W pracy zaprojektowano i wykonano oryginalne stanowisko do badań kinetyki reakcji utleniania cząstek stałych w warunkach zbliżonych do tych, jakie panują w samochodowych filtrach spalin. Stanowisko to składało się z trzech głównych części: układu zasilania gazami technicznymi, zespołu grzałek elektrycznych i oprzyrządowanej przestrzeni pomiarowej. Podstawowymi danymi pomiarowymi zbieranymi podczas eksperymentów były: masa płytki z sadzą oraz wartości temperatury strefy reakcji.

W trakcie badań określono wartości współczynników opisujących kinetykę reakcji utleniania cząstek stałych, energii aktywacji i współczynnika przedeksponentyjnego. W eksperymentach zastosowano sadzę techniczną N-772 i sadzę silnikową. Badania przeprowadzono w szerokim zakresie temperatur napływającego gazu (od 350°C do 700°C) oraz przy różnych udziałach objętościowych tlenu w utleniaczu (od 8% do 21%). Część eksperymentów posłużyła określeniu minimalnej temperatury zapłonu sadzy przy najkorzystniejszych warunkach udziału tlenu.

Oprócz wyznaczenia stałych szybkości reakcji utleniania w równaniu Arrheniusa, przeprowadzono dyskusję wpływu doboru temperatury strefy reakcji na wyznaczone wartości. Wskazano na duże znaczenie określonej temperatury strefy reakcji na wartość energii aktywacji i współczynnika przedeksponentyjnego. W analizie uzyskanych wyników zwrócono również uwagę na potrzebę skorelowania ze sobą parametrów wyznaczonych dla różnych udziałów molowych tlenu w utleniaczu.

Kolejną część pracy stanowiło zbudowanie modelu numerycznego procesu regeneracji filtra cząstek stałych w oparciu o komercyjny program komputerowy FLUENT. Zbudowany model posłużył do przebadania zjawisk zachodzących w filtrze przy uwzględnieniu różnych modeli szybkości reakcji utleniania cząstek stałych. Zastosowano parametry opisujące proces utleniania dostępne w literaturze oraz wyznaczone w części doświadczalnej pracy.

Opierając się na zbudowanym modelu i literaturowych modelach szybkości reakcji utleniania cząstek stałych określono wpływ następujących parametrów na proces regeneracji: materiał filtra, temperatura gazów wlotowych, skład spalin silnikowych, ilość cząstek osadzonych w filtrze. Analiza uzyskanych wyników symulacji wskazała na decydujący wpływ doboru parametrów szybkości reakcji utleniania na uzyskane wyniki. Wykorzystanie różnych modeli kinetyki chemicznej skutkowało odmiennym przebiegiem procesu regeneracji filtra.

dr inż. Jacek Sałaciński

Dobór parametrów projektowych układów hybrydowych z ogniwem typu MCFC

Promotor: prof.dr hab.inż. Andrzej Miller

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Zygfryd Domachowski, PG
prof.dr hab.inż. Janusz Lewandowski, PW

Data obrony: 26 lipca 2006

Praca jest poświęcona zagadnieniom modelowania matematycznego układów hybrydowych z wysokotemperaturowym ogniwem paliwowym na gaz ziemny typu MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell). Celem pracy było określenie racjonalnych struktur i parametrów projektowych układów zawierających ogniwo MCFC - modelowanie warunków projektowych oraz badanie elastyczności wybranego układu na zmianę obciążenia - modelowanie warunków zmienionych. Do modelowania układów jak też poszczególnych jego elementów wykorzystano środowisko programu HYSYS. Plant

W efekcie przeglądu istniejących propozycji oraz własnych rozważań zbudowano model matematyczny ogniwa paliwowego typu MCFC. Model przystosowany jest do badania układów cieplnych z ogniwem paliwowym w rozważaniach warunków projektowych oraz symulacji pracy tych układów w warunkach zmienionych (realizacja numeryczna modelu w dwóch oddzielnych blokach).

Po przeprowadzeniu odpowiedniej analizy wariantowej zbudowano modele (dla warunków projektowych) pięciu układów z ogniwem paliwowym MCFC.

Układ z ciśnieniowym ogniwem paliwowym oraz turbiną gazową uznany za najbardziej atrakcyjny zarówno pod względem osiągania wysokiej sprawności jak też relatywnie prostej struktury cieplnej poddano szczegółowej analizie. Rozważono szereg wariantów warunków projektowych układu - związanych z działaniem ogniwa (krotność napięcia w ogniwie, minimalna gęstość prądu w ogniwie) jak też osiąganymi maszyn występujących w układzie (sprawności turbiny i sprężarki).

Dla trzech różnych przypadków parametrów projektowych układu przeprowadzono symulacje warunków zmienionych uwieńczoną budową odpowiednich map osiągnięć.

Potwierdzono możliwość osiągania bardzo wysokich sprawności generowania energii elektrycznej w układach z ogniwem typu MCFC (uzyskano zakres 57-75% LHV) oraz znaczną elastyczność pracy układów w warunkach zmienionych.

dr inż. Rafał Laskowski

Opracowanie modeli matematycznych dla określania stanu cieplno-przepływowego turbiny parowej i wymiennika ciepła

Promotor: prof.dr hab.inż. Janusz Lewandowski

Recenzenci: dr hab.inż. Janusz Kotowicz, prof. PŚI

Prof.dr hab.inż. Andrzej Miller, PW

Data obrony: 18 maja 2007

Celem rozprawy doktorskiej było opracowanie cieplno-przepływowych modeli diagnostycznych pozwalających określić stan techniczny turbiny parowej i wymiennika ciepła na podstawie dostępnych pomiarów realizowanych w elektrowniach i elektrociepłowniach.

Na potrzeby pracy stworzono symulator wymiennika ciepła (skraplacza) jak również symulator przeciwprądowego wymiennika typu rura w rurze. Na podstawie danych uzyskanych z symulatorów dokonano weryfikacji przyjętych miar diagnostycznych. Do analizy zachodzących zjawisk w wymienniku ciepła wynikających z pojawienia się osadu na powierzchni wymiany ciepła zastosowano następujące miary diagnostyczne: przyrost oporu cieplnego (opór osadu), wzrost oporów przepływu czynnika po stronie występowania osadu, przyrost entropii czynnika (bezwzględny i względny), zmiana strumienia przekazywanego strumienia ciepła (bezwzględna i względna), spiętrzenie temperatury.

W pracy podano wyrażenie na zmianę oporu cieplnego (przyrost oporu osadu) w zależności od wlotowych parametrów. Na podstawie informacji zawartych w dostępnej literaturze otrzymano wyrażenie na zmianę wartości osadu w czasie jak również zależność między ciśnieniem całkowitym w skraplaczu a ciśnieniem cząstkowym pary w funkcji strumienia masy zasysanego powietrza i strumienia kondensującej pary. Przy założeniu stałej wartości oporu cieplnego wyprowadzono wyrażenie na efektywność cieplną wymiennika w funkcji warunków odniesienia i parametrów na wlocie do wymiennika. Zaproponowano model do oceny ilości powietrza w skraplaczu.

Dla określenia stan cieplno-przepływowy turbiny zaproponowano porównanie charakterystyk mocy turbiny oraz porównanie stałej Flugla-Stodoli w stanie odniesienia i wyznaczonej na podstawie aktualnie mierzonych parametrów.

Na podstawie rzeczywistych danych dla jednego roku sprawdzono poprawność zaproponowanych miar diagnostycznych dla turbiny i wymiennika ciepła.

Podjęto również próbę określenia wpływu osadu na zmianę osiągnięć wymiennika ciepła i turbiny parowej przy zastosowaniu modelu jednowymiarowego. Modelem jednowymiarowym badano zmianę parametrów wzdłuż drogi wymiany ciepła dla wymiennika przeciwprądowego typu rura w rurze. W przypadku turbiny model jednowymiarowy zastosowano do analizy grupy stopni turbiny.

dr inż. Grzegorz Niewiński

Badanie własności dynamicznych turbozespołu parowego dużej mocy

Promotor: dr hab.inż. Krzysztof Badyda, prof. PW

Recenzenci: dr hab.inż. Henryk Łukowicz, PŚI

Prof.dr hab.inż. Janusz Lewandowski, PW

Data obrony: 21 listopada 2007

Praca poświęcona jest zagadnieniom modelowania matematycznego złożonych instalacji energetycznych. Celem rozprawy było opracowanie modelu matematycznego turbozespołu parowego dużej mocy do badania własności dynamicznych układu takiego typu na drodze obliczeniowej. Do symulacji dynamiki zjawisk nieustalonych opracowany został program komputerowy napisany w języku Fortran.

W efekcie przeglądu rodzaju stosowanych modeli, empirycznych i opartych na zasadach zachowania, oraz ograniczeń w ich stosowaniu przy modelowaniu dynamiki procesów cieplno-przepływowych wybrano i umotywowano zawężenie rozpatrywanych technik modelowania do modeli bezwymiarowych, o stałych skupionych.

W pracy przedstawione zostały główne założenia podejścia dyskretnego ogólnie jak i dla instalacji energetycznych. Przeprowadzony został podział układu przepływowego turbozespołu parowego i określono, które elementy modelowane są dynamicznie, a które statycznie lub quasi-statycznie. Następnie, przedstawiono szczegółowe modele matematyczne wszystkich elementów.

Jako przypadki zakłóceń podlegające analizie wybrano: zmniejszenie obciążenia typowym warunkom pracy, oraz wyłączenie jednego z urządzeń (wymennika regeneracyjnego, jako przykład stanu awaryjnego).

Zaprezentowane przebiegi zmian wybranych parametrów termodynamicznych oraz osiągnięć turbozespołu parowego okazały się zgodne z pomiarami przeprowadzonymi na rzeczywistych obiektach i obecną wiedzą w tym zakresie. Sformułowany w pracy model matematyczny turbozespołu parowego klasy 200 MW jest modelem uniwersalnym. Po dokonaniu pewnych modyfikacji model i program mogą zostać wykorzystany do badania dynamiki innych turbozespołów.

dr inż. Jacek Szymczyk

Badanie przepływu w krótkich pierścieniowych szczelinach wzdłużnych

Promotor: prof.dr hab.inż. Waldemar Jędrał

Recenzenci: prof.dr hab.inż. Janusz Plutecki, PWR

prof.dr hab.inż. Andrzej Styczek, PW

Data obrony: 17 grudnia 2006

Praca poświęcona jest badaniom doświadczalnym przepływu przez pierścieniowe szczeliny wzdłużne, stanowiące uszczelnienia bezстыkowe w pompach i innych maszynach wirnikowych. Celem pracy było opracowanie dogodnych formuł inżynierskich wiążących ze sobą charakterystyczną dla przepływu wielkość, jaką jest współczynnik przepływu f_i z charakterystycznymi wielkościami geometrycznymi. Wielkościami tymi były szerokość, długość i średnica szczeliny. Drugim celem pracy było wyznaczenie przebiegu spadku ciśnienia wzdłuż szczeliny ze szczególnym uwzględnieniem odcinka wstępnego.

Profil ciśnienia wzdłuż długości określono wykorzystując pakiet FLUENT, za pomocą którego zamodelowano geometrię szczeliny oraz przeprowadzono obliczenia numeryczne dla różnych geometrii szczeliny i warunków przepływu.

Po przeanalizowaniu możliwych sposobów doprowadzenia cieczy wykonano pomiary dla dwóch wariantów szczelin: z zawirowaniem wstępnym oraz bez zawirowania wstępnego. W tym celu wykonano obszerne serie badań laboratoryjnych, których wyniki zaprezentowano w pracy. Stosując różne metody uogólniania wyników otrzymano zależności docelowe. Szczegółowy opis tych metod został umieszczony w pracy. Wspomniane formuły uogólniające zawierają podstawowe wielkości bezwymiarowe takie jak względna długość szczeliny l/s czy zastępcza liczba Reynoldsa Re_z , ujmująca łącznie wpływ składowych osiowych i obwodowych prędkości przepływu przez szczelinę.

W pracy dokonano także szerokiego przeglądu literatury dotyczącej przepływów przez krótkie i długie szczeliny osiowe. Zamieszczono także analizę różnych czynników mogących mieć wpływ na wyniki pomiarów laboratoryjnych, w tym zwłaszcza wpływ odchyłek kształtu szczeliny (mimośrodowość, dyfuzorowość/konfuzorowość, przekoszenie osi) oraz wartości zawirowania wstępnego przed szczeliną. Uzyskane wyniki mogą być już obecnie wykorzystywane w praktyce projektowania pomp, turbin wodnych i innych maszyn wirujących. Ze względu na złożoność zagadnienia i wpływu wielu czynników na końcowe wyniki celowe jest kontynuowanie zarówno badań doświadczalnych na udoskonalonym stanowisku badawczym jak również obliczeń numerycznych z wykorzystaniem różnych programów CFD dla przepływu 3D z bardziej złożonymi modelami turbulencji. Niepewność odnośnie do rzeczywistej geometrii szczelin, zarówno mieszczącej się w ramach odchyłek wykonawczych jak również wynikającej z warunków pracy maszyny, wskazuje na konieczność włączenia do rozważań metody analizy statystycznej.