

Autoreferat

zawierający opis dorobku i osiągnięć naukowo-badawczych



1. Imię i Nazwisko

Robert Zalewski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

19.09.2002 r. – uzyskanie stopnia **magistra inżyniera** na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej (ocena celująca); tytuł pracy magisterskiej: "Modelowanie, opis matematyczny i badanie własności materiałów granulowanych"; opiekun naukowy: prof. dr hab. inż. Jerzy Bajkowski

20.04.2005 r. – uzyskanie stopnia **doktora nauk technicznych** w zakresie mechaniki, na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, za rozprawę pt. "Analiza właściwości mechanicznych struktur utworzonych z granulatów umieszczonych w przestrzeni z podciśnieniem" (wyróżnienie); promotor prof. dr hab. inż. Jerzy Bajkowski

18.03.2005 r. – uzyskanie tytułu **doktora nauk technicznych** w zakresie mechaniki na Université des Sciences et Technologies de Lille (Francja) za dysertację pt. "Etude, analyse et indentification des propriétés non-linéaires des structures formées des matériaux granulaires contenus dans une enceinte soumise à une depression" (wyróżnienie); Doctorat en mécanique; promotor prof. dr hab. inż. Krzysztof Woznica

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2001-2002 – staż zagraniczny w **Polytech'Lille** we Francji (7 miesięcy).

2002-2005 – studia doktoranckie na **Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej**

2002-2005 – studia doktoranckie (w ramach międzynarodowego programu Cotutelle) na **Université des Sciences et Technologie de Lille**

III–IV 2004 - staż zagraniczny w **ENSI de Bourges** we Francji

IX.2005 – zatrudnienie na stanowisku adiunkta w **Instytucie Podstaw Budowy Maszyn** na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej

4. Osiągnięcie wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego

Modelowanie i badania wpływu podciśnienia na właściwości mechaniczne specjalnych struktur granulowanych



b) autor, rok wydania, nazwa wydawnictwa,

Robert Zalewski. 2013. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, ISBN 978-83-206-1851-8

c) omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Wprowadzenie

Przedkładaną pracę poświęcono tematyce modelowania i badań doświadczalnych szeroko rozumianych właściwości mechanicznych struktur granulowanych, utworzonych z luźnych ziaren plastomerowych, umieszczonych w hermetycznej przestrzeni z podciśnieniem (specjalnych struktur granulowanych). Inspiracją do podjęcia tej problematyki był wyraźnie zauważalny w ostatnich latach wzrost zainteresowania materiałami i strukturami inteligentnymi (*smart structures*). Specjalne Struktury Granulowane (SSG) tworzy się umieszczając sypki materiał granulowany w szczelnej plastomerowej osłonie. Generując w strukturze tzw. podciśnienie, obserwuje się zasadnicze zmiany makroskopowych cech fizycznych struktur granulowanych. W warunkach ciśnienia atmosferycznego struktura granulowana przypomina swoimi właściwościami ośrodek „semiciekły”. Gdy wartość podciśnienia jest zbliżona do próżni, materiał zachowuje się w sposób podobny do lepkoplastycznego ciała stałego. Poznanie złożonego i nieliniowego charakteru zjawisk towarzyszących wspomnianej transformacji wymaga przeprowadzenia wielu różnorodnych eksperymentów badawczych. Ich rezultaty mogą dostarczyć odpowiedzi związanych z jakościową i ilościową naturą rozpatrywanych zjawisk.

Zaprezentowane w pracy metody doświadczalne, dotyczące mechaniki specjalnych struktur granulowanych, mogą być interpretowane jako propozycja standardów wypracowanych i zweryfikowanych na potrzeby dalszych badań rozważanych struktur. Pomimo obserwowanego wzrostu liczby różnorodnych zastosowań inżynierskich specjalnych struktur granulowanych, badania i opis matematyczny ich odpowiedzi na zadane obciążenia zewnętrzne nie nadążają za wspomnianym trendem aplikacyjnym. Poza wcześniejszymi pracami autora trudno odnaleźć w literaturze naukowej więcej informacji dotyczących wpływu parametru podciśnienia na właściwości mechaniczne rozważanych materiałów.

Prezentowane opracowanie stanowi podsumowanie ponaddziesięcioletnich prac badawczych związanych z mechaniką doświadczalną i modelowaniem zachowań specjalnych struktur granulowanych. W pracy zebrano wyniki prac dotyczących różnorodnych badań doświadczalnych specjalnych struktur granulowanych. Zgromadzenie bogatej bazy rezultatów eksperymentalnych, otrzymanych z badań próbek struktury granulowanej, umożliwiło przeprowadzenie procesu modelowania ich nieliniowych właściwości mechanicznych. Wiele uwagi poświęcono metodologii wyznaczania wartości współczynników materiałowych modeli konstytutywnych i reologicznych opisujących właściwości omawianych struktur. W rozważanym przypadku modelowania właściwości mechanicznych niekonwencjonalnych struktur materiałowych klasyczne metody identyfikacji parametrycznej modeli mogą prowadzić do błędnych rezultatów estymacji wartości występujących w nich stałych materiałowych. Skutecznym rozwiązaniem okazało się przeprowadzenie procesu identyfikacyjnego na podstawie jednoczesnej analizy wielu rezultatów eksperymentalnych oraz wykorzystanie efektywnych metod numerycznych.

Cel naukowy pracy

Głównym celem pracy jest całościowa analiza zagadnień, które dotyczą oszacowania wpływu głównego czynnika zewnętrznego kontrolującego makroskopowe właściwości specjalnych struktur granulowanych – podciśnienia. Zrozumienie zasadniczych mechanizmów odkształceń struktury granulowanej ma na celu dobór modeli matematycznych umożliwiających opis zmiennych właściwości mechanicznych rozważanych w pracy „granulatów”. Osiągnięcie przedstawionych zamierzeń wymagało sukcesywnego rozwiązywania wielu problemów cząstkowych dotyczących prac zarówno doświadczalnych, jak i numerycznych.

W pierwszej kolejności, na podstawie analizy rezultatów badań doświadczalnych, poszukiwano uniwersalnych związków łączących wybrane właściwości mechaniczne specjalnych struktur granulowanych z wartością podciśnienia wytworzonego we wnętrzu struktury.

Kolejnym zadaniem była adaptacja wybranej grupy związków konstytutywnych, zbudowanych dla metali, do opisu makroskopowych odkształceń granulowanych konglomeratów znajdujących się w warunkach częściowej próżni.

W wyniku zaobserwowanych analogii zachowań specjalnych struktur granulowanych i urządzeń pracujących z wykorzystaniem cieczy magnetoreologicznych (MR), wykorzystano także popularne modele reologiczne płynów MR do opisu odpowiedzi granulowanych konglomeratów na zadane zewnętrznie wymuszenie.

Ważnym celem pracy było usystematyzowanie problematyki wyznaczania wartości parametrów materiałowych występujących w rozważanych modelach matematycznych. Na tym etapie poszukiwano „optymalnej” metodologii identyfikacji parametrycznej wybranej grupy modeli materiałowych. W prowadzonych badaniach symulacyjnych wykorzystywano różne algorytmy numeryczne umożliwiające rozwiązanie odpowiednio sformułowanego problemu optymalizacji (minimalizacji różnicy wyników odpowiedzi numerycznej i doświadczalnej).

Kolejnym zamierzeniem opracowania była propozycja i weryfikacja autorskiej metody identyfikacji parametrycznej rozpatrywanych modeli matematycznych specjalnych struktur granulowanych. Opracowanie oryginalnej strategii identyfikacyjnej miało na celu poszukiwanie wartości parametrów materiałowych modeli w stosunkowo szerokim zakresie zmienności.

Zakres badań doświadczalnych, zrealizowanych na potrzeby pracy, obejmował około 7000 pojedynczych testów laboratoryjnych. Zrealizowano próby jednoosiowego ściskania i rozciągania rodziny cylindrycznych próbek specjalnej struktury granulowanej. Wykonano także doświadczenia relaksacji naprężeń wstępnie ściśniętych próbek struktury oraz testy ich cyklicznego obciążania do momentu uzyskania ustabilizowanych rezultatów. Próby doświadczalne prowadzono z różnymi prędkościami odkształcenia oraz zróżnicowanymi wartościami częściowej próżni wytworzonej wewnątrz struktury (różne wartości podciśnienia). Rozpatrywano cztery rodzaje materiałów tworzących pojedyncze ziarna: polistyren, ABS, polimetakrylan oraz polipropylen.

W procesie modelowania odpowiedzi specjalnych struktur granulowanych na zadane wymuszenie rozpatrywano lepkoplastyczne modele konstytutywne Perzyny, Chaboche'a oraz Bodnera-Partoma. Dodatkowo dokonano adaptacji zmodyfikowanych modeli reologicznych Bingham'a, Bouc-Wena oraz Ciomota-Filisko do opisu nieliniowych właściwości próbek struktur granulowanych.

W celu wyznaczenia wartości współczynników materiałowych, występujących w rozważanych modelach konstytutywnych, najpierw zastosowano klasyczne, analityczno-numeryczne metodologie. W dalszej kolejności wartości parametrów modeli (zarówno

konstrytuwnych, jak i reologicznych) wyznaczano z wykorzystaniem tzw. metod inteligencji obliczeniowej, tj. algorytmów ewolucyjnych oraz algorytmów symulowanego wyżarzania. Opracowano także oryginalną, autorską metodę identyfikacji parametrycznej modeli oraz potwierdzono jej skuteczności na podstawie licznych przykładów weryfikujących wyniki numeryczne przez porównanie z danymi doświadczalnymi.

Omówienie osiągniętych wyników

W przedkładanej pracy analizowano innowacyjne struktury granulowane, zbudowane z materiału granulowanego umieszczonego w szczelnej powłoce, w której wygenerowano częściową próżnię. Tak budowane struktury umożliwiają uzyskanie kontrolowanych właściwości fizycznych za pomocą zmiany podciśnienia. Cecha ta upodabnia je do popularnych i coraz częściej wykorzystywanych w codziennych zastosowaniach inżynierskich materiałów "smart".

Ze względu na oryginalność prowadzonych eksperymentów, wypracowane podczas ich realizacji schematy badawcze można traktować jako propozycję standardów metod doświadczalnych mechaniki specjalnych struktur granulowanych. Otrzymane rezultaty eksperymentalne umożliwiły przeprowadzenie szerokiej analizy wpływu wybranych parametrów na makroskopowe właściwości mechaniczne badanych układów. Szczególnie dużo uwagi poświęcono w pracy analizie wpływu zmiany podciśnienia na odpowiedzi mechaniczne specjalnie przygotowanych próbek materiałowych.

Zakres prac badawczych obejmował eksperymenty jednoosiowego rozciągania, ściskania, relaksacji naprężeń oraz cyklicznego obciążania próbek struktury do chwili otrzymania ustabilizowanego rezultatu. Doświadczenia prowadzono dla zróżnicowanych wartości podciśnienia wewnętrznego oraz prędkości odkształcenia. Aby zrozumieć mechanizmy odkształceń w granulowanych konglomeratach, wzięto pod uwagę cztery rodzaje materiałów polimerowych tworzących szkielet granulowany. Rozważano także próbki badawcze o różnej objętości. W ramach opracowanej metodyki prowadzenia prac badawczych nad strukturami granulowanymi przeprowadzono w latach 2006-2012 blisko siedem tysięcy prób eksperymentalnych. W ich rezultacie zgromadzono bazę doświadczalną umożliwiającą analizę wpływu parametrów podciśnienia, prędkości odkształcenia, materiału granulowanego oraz objętości próbki badawczej na wymuszoną odpowiedź mechaniczną specjalnych struktur granulowanych.

Odnotowano istotny wpływ podciśnienia na właściwości fizyczne specjalnych struktur granulowanych. Wzrostowi wartości tego parametru towarzyszy transformacja badanego ośrodka w strukturę przypominającą lepkoplastyczne ciało stałe. Wyszczególniono silnie nieliniowe związki łączące wybrane właściwości mechaniczne struktur granulowanych z parametrem podciśnienia.

Duży wpływ na zachowanie omawianych struktur ma także prędkość odkształcenia. Zaobserwowano pewne różnice we wrażliwości specjalnych struktur granulowanych na zmiany wartości tego parametru w porównaniu z klasycznymi materiałami lepkoplastycznymi (metalami lub polimerami). W wyniku poczynionych obserwacji zaproponowano modyfikację znanych modeli konstrytuwnych pierwotnie opracowanych dla klasycznych materiałów konstrukcyjnych. Modyfikacje praw lepkoplastycznych polegały na wprowadzeniu do ich struktury funkcji uwzględniających wpływ podciśnienia oraz prędkości odkształcenia, umożliwiając opis nieliniowych zachowań systemów granulowanych. Niekonwencjonalne cechy lepkie rozważanych materiałów wymagały opracowania oryginalnych procedur numerycznych umożliwiających identyfikację parametryczną równań konstrytuwnych materiału.

Interesującą cechą specjalnych struktur granulowanych jest wpływ objętości próbek badawczych na rejestrowane doświadczalnie wartości parametrów wytrzymałościowych. Zauważono tzw. efekt skali, polegający na zmniejszaniu wartości parametrów wytrzymałościowych wraz ze wzrostem objętości analizowanej próbki. Makroskopowy wpływ wspomnianego zjawiska na właściwości fizyczne rozważanych struktur jest funkcją zarówno podciśnienia, jak i prędkości odkształcenia. Ustalono, że dla wszystkich typów badanych struktur, można wyznaczyć graniczną wartość objętości, powyżej której efekt skali zanika. Poczynione spostrzeżenia stanowią przesłankę do stosowania specjalnych struktur granulowanych jako elementów składowych zintegrowanego systemu umożliwiającego zmiany jego wybranych parametrów użytkowych.

W pracy dokonano także porównania specjalnych struktur granulowanych z cieczami MR oraz urządzeniami pracującymi na ich bazie. Rozpatrując podobieństwa oraz różnice granulatów i cieczy MR, zwrócono uwagę z jednej strony na możliwości kontroli właściwości fizycznych obu rodzajów struktur za pomocą wygodnych parametrów podciśnienia i natężenia prądu, z drugiej natomiast na zasadnicze różnice w kształcie eksperymentalnych charakterystyk siła-odkształcenie. Chęć wykorzystania znanych modeli matematycznych cieczy MR do opisu zachowania struktur granulowanych, w powiązaniu z zaobserwowanym brakiem symetrii kształtu ich podstawowych charakterystyk dyssypacyjnych, wymusiła przeprowadzenie zasadniczych modyfikacji pierwotnych modeli reologicznych. Obejmowały one także strukturę modeli, do której wprowadzono nieliniowe funkcje podciśnienia. Uzależniono także wartości współczynników materiałowych modeli od znaku naprężeń obciążających.

Część pracy poświęcono omówieniu równań konstytutywnych materiałów umożliwiających opis ich zmiennych w czasie właściwości po przekroczeniu granicy plastyczności. Spośród dużej grupy praw lepkoplastycznych zaproponowanych w ostatnich latach wybrano modele Perzyny, Chaboche'a oraz Bodnera-Partoma. Przedstawiono przykłady zastosowań wybranych modeli do opisu nieliniowych zachowań próbek granulowanych poddanych obciążeniu zewnętrznemu. Szczegółowo omówiono nie tylko podstawowe równania, lecz także zestawy stałych materiałowych dla różnych warunków eksploatacyjnych struktur granulowanych. Większość przykładów obliczeniowych uzupełniono o dodatkowe elementy analizy wpływu parametru podciśnienia.

Zaprezentowano zarówno analityczno-numeryczne metodologie wyznaczenia stałych materiałowych wybranych modeli konstytutywnych, jak i służące temu celowi nowoczesne metody numeryczne. Przedyskutowano wady i zalety proponowanych w literaturze metod estymacji wartości współczynników omawianych praw, a także zaproponowano autorską metodologię umożliwiającą szybką i efektywną identyfikację parametrów modeli materiałowych. Zestawienie wykorzystanych procedur pozwoliło na sformułowanie ważnych wniosków związanych z prawidłowym zastosowaniem lepkoplastycznych modeli konstytutywnych do opisu zachowania innowacyjnych materiałów konstrukcyjnych.

Rozpatrywany problem identyfikacji parametrycznej modeli matematycznych dotyczy obszernej klasy materiałów i konstrukcji. Należy on do tzw. odwrotnych zadań źle uwarunkowanych ze względu na problem istnienia, jednoznaczności i stabilności rozwiązania. Biorąc pod uwagę złożoność analityczno-numerycznych metodologii identyfikacyjnych, można stwierdzić, że zagadnienia związane z wyznaczeniem poprawnych wartości stałych materiałowych modeli matematycznych należy rozwiązywać numerycznie. W literaturze można odnaleźć różnorodne algorytmy optymalizacji pozwalające na wyznaczenie szukanych parametrów. W omawianej tematyce najczęściej spotyka się podejścia aproksymacyjne, specjalizujące się w rozwiązywaniu zadania najmniejszych kwadratów i poszukujące krzywej numerycznej najlepiej dopasowanej do bezpośrednich danych eksperymentalnych.

W rozdziałach poświęconych problematyce modelowania numerycznego sformułowano problem optymalizacji pozwalający na wyznaczenie wartości parametrów materiałowych. W pierwszej kolejności zastosowano algorytmy ewolucyjne (AE) oraz metodę symulowanego wyzarzania do rozwiązania problemu odwrotnego, związanego z identyfikacją parametryczną modeli matematycznych na podstawie danych eksperymentalnych. Następnie zaproponowano oryginalną, autorską metodykę identyfikacji lepkoplastycznych praw konstytutywnych, której zalety w porównaniu z dotychczas stosowanymi metodami przeanalizowano na licznych przykładach. Zasadniczą przewagą opracowanej strategii numerycznej jest możliwość bardziej precyzyjnej kalibracji modeli materiałowych przy uwzględnieniu szerszych przedziałów zmienności wartości stałych materiałowych.

Zastosowanie niedeterministycznych algorytmów optymalizacyjnych wymagało dużego doświadczenia badawczego, umożliwiającego wstępne zdefiniowanie możliwie wąskich przedziałów zmienności poszukiwanych współczynników materiałowych. W przypadku innowacyjnych materiałów i struktur zadanie takie nie jest łatwe. Jednym z rozwiązań jest przeprowadzenie wstępnych procedur identyfikacyjnych metodami klasycznymi. Uzyskane w ten sposób wyniki można wykorzystać jako punkt wyjściowy do prowadzenia dalszych optymalizacyjnych strategii numerycznych.

Nieklasyczne struktury materiałowe, takie jak specjalne struktury granulowane, wymagają przeprowadzenia identyfikacji parametrycznej na podstawie jednoczesnej analizy wielu indywidualnych prób eksperymentalnych. W pracy wyznaczano wartości stałych materiałowych wybranych modeli konstytutywnych na podstawie wielu prób jednoosiowych prowadzonych z różnymi prędkościami odkształcenia i uwzględniających różne wartości podciśnienia wewnętrznego. Identyfikacja wartości parametrów za pomocą autorskich procedur numerycznych umożliwiła uzyskanie bardzo dobrych rezultatów. Symulowane zachowanie próbek materiałowych w procesach jednoosiowego obciążenia dokładnie pokrywało się z rezultatami doświadczalnymi.

Ważnym wnioskiem wynikającym z identyfikacji parametrów materiałowych wybranej grupy modeli lepkoplastycznych na podstawie wyników wielu prób eksperymentalnych była ocena przydatności wybranego prawa konstytutywnego w procesach symulacji numerycznych zachowań specjalnych struktur granulowanych. Zauważono, że rozbudowany o parametr podciśnienia model Chaboche'a dobrze odzwierciedla rzeczywiste zachowanie granulowanych konglomeratów przy dodatkowym założeniu stałej prędkości odkształcenia. Zdecydowanie gorsze jakościowo rezultaty numeryczne otrzymuje się natomiast w wyniku prowadzenia symulacji komputerowych prób jednoosiowych prowadzonych z różnymi prędkościami odkształcenia. W takich przypadkach konieczne jest wprowadzenie do sformułowania matematycznego modelu złożonych funkcji zarówno podciśnienia, jak i prędkości odkształcenia. W prezentowanych przykładach najbardziej skuteczny okazał się rozbudowany o parametr podciśnienia wewnętrzznego wariant modelu Bodnera-Partoma. Porównanie odpowiedzi modelu z eksperymentem ukazało jego zdolność do modelowania silnie nieliniowego i zależnego od prędkości odkształcenia zachowania rozważanej struktury. Dla wszystkich rozpatrywanych w pracy wartości częściowej próżni i prędkości odkształcenia uzyskano bardzo dobrą zbieżność wyników symulacji z rezultatami doświadczalnymi.

Uzyskanie zadawalającego rezultatu modelowania za pomocą zaproponowanej strategii *Dynamicznie Kontrolowanej Eksploracji Przestrzeni Rozwiązań* wymagało wielokrotnego uruchamiania algorytmu identyfikacyjnego. W rozważanych w pracy przykładach czas wyznaczania rozwiązania był względnie krótki i nie przekraczał kilkudziesięciu minut na komputerze osobistym (dla najbardziej czasochłonnego przypadku identyfikacji prowadzonej na podstawie 27 krzywych eksperymentalnych jednocześnie).

Rezultat ten wypada bardzo korzystnie w porównaniu z kilkukrotnie dłuższym czasem trwania typowego procesu estymacji wartości stałych materiałowych metodami analityczno-numerycznymi. Zaproponowany w pracy algorytm identyfikacji parametrycznej praw lepkoplastycznych może być w stosunkowo prosty sposób zaadoptowany do innych materiałów i praw konstytutywnych.

Po wyeliminowaniu podstawowych problemów napotykanym w trakcie realizacji badań eksperymentalnych specjalnych struktur granulowanych, takich jak formowanie próbek struktury granulowanej, zapewnienie założonego stopnia jej wypełnienia granulatem, oszacowanie wpływu podciśnienia na podstawowe właściwości mechaniczne, analiza wpływu prędkości odkształcenia na odpowiedź granulowanych konglomeratów, wpływ materiału tworzącego granulata a także analiza wpływu objętości próbki badawczej na rejestrowane doświadczalnie parametry wytrzymałościowe struktur granulowanych, rozpoczęto badania wdrożeniowe omawianych materiałów, przedstawione w końcowej części pracy.

Przedstawiono cztery prototypowe zastosowania specjalnych struktur granulowanych w aplikacjach inżynierskich i biomedycznych: element półaktywnego układu tłumienia drgań lub hałasu, liniowy tłumik drgań oraz granulowana orteza ortopedyczna. Rezultaty badań eksperymentalnych potwierdziły możliwości wykorzystania struktur granulowanych w procesie semiaktywnego tłumienia drgań obiektów rzeczywistych. Na podstawie wstępnych wyników doświadczalnych można ponadto stwierdzić, że innowacyjne granulowane konglomeraty mogą spełniać rolę skutecznych ekranów dźwiękoizolacyjnych. Z kolei badania prototypu liniowego tłumika, pracującego na bazie rdzenia granulowanego, ujawniły możliwości kontroli jego właściwości dyssypacyjnych za pomocą parametru podciśnienia wewnętrznego. Interesującym zastosowaniem biomedycznym rozpatrywanych struktur są ortozy granulowane. Dzięki wyjątkowym cechom granulowanych konglomeratów możliwe jest dostosowanie ich właściwości fizycznych do indywidualnych potrzeb rekonwalescentów.

Niniejsza monografia stanowi podsumowanie wieloletnich prac badawczych prowadzonych przez autora w Instytucie Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Warszawskiej. Systemy wykorzystujące granulowane konglomeraty, będące w warunkach częściowej próżni, wykazują złożone mechanizmy odkształceń. Pomimo zgromadzenia obszernej bazy doświadczalnej specjalnych struktur granulowanych i przeprowadzonej na jej podstawie analizy rezultatów eksperymentalnych, wiele problemów dotyczących odpowiedzi struktur granulowanych na zadawane obciążenia zewnętrzne wciąż pozostaje bez rozwiązania.

Należy zaznaczyć, że tematyka badań i modelowania rozpatrywanych ośrodków jest stosunkowo nowa i jeszcze rzadko występuje w literaturze. W pracy przedstawiono makroskopowe podejście do analizy specjalnych struktur granulowanych. Do szczególnie interesujących badań eksperymentalnych uzupełniających przedstawione zagadnienia można zaliczyć oszacowanie wpływu istotnych czynników technologicznych, jak stopień wypełnienia struktury materiałem sypkim, kształt pojedynczego ziarna oraz wpływ materiału plastomerowej osnowy, będącej formą wypełnioną przez materiał sypki. Również trybologia zjawisk tarciovych występujących na styku poszczególnych ziaren uzupełniłaby zakres prezentowanej pracy.

Przyszłe badania eksperymentalne powinny być ukierunkowane na znalezienie korelacji między parametrami charakteryzującymi mikrostrukturę granulowanych konglomeratów oraz ich cechami makroskopowymi.

W prezentowanej pracy, w opisie własności materiałowych struktur utworzonych z granulatów umieszczonych w szczelnej przestrzeni z wytworzonym wewnątrz podciśnieniem, skupiono się głównie na efektach mechanicznych bez uwzględniania wpływu zjawisk termicznych na własności rozpatrywanych struktur. Takie podejście jest uzasadnione podstawowymi mechanizmami odkształceń SSG – reorganizacją szkieletu granulowanego.

Plan przyszłych badań powinien jednak zweryfikować wpływ czynnika temperaturowego na zjawiska obserwowane w granulowanych układach. Ten kierunek prac doświadczalnych jest szczególnie istotny w przypadku zamiaru wykorzystywania struktur granulowanych w temperaturach, w których zasadniczą rolę odgrywa reologia materiałów tworzących szkielet granulowany omawianych struktur.

Ze względu na trudności występujące przy realizacji doświadczeń w złożonym stanie naprężenia, najczęściej wykonuje się badania jednoosiowe. Choć takie podejście znacznie ułatwia przeprowadzenie eksperymentu i analizę otrzymanych wyników, to jednak celowe wydaje się przeprowadzenie badań weryfikujących w złożonym stanie naprężenia.

Poza aspektami modelowania i doświadczalnymi, w przedkładanej monografii wiele uwagi poświęcono także metodom komputerowym. Projektowanie i opis matematyczny nowoczesnych materiałów i konstrukcji jest zagadnieniem multidyscyplinarnym. Specyfika zagadnień związanych z tworzeniem innowacyjnych materiałów wprowadza konieczność integracji wiedzy z wielu dziedzin naukowych. Realizacja omówionych w pracy przykładów numerycznych każdorazowo wymagała dogłębnego poznania specyfiki i właściwości mechanicznych rozpatrywanego zadania, a także odpowiedniej adaptacji procedur optymalizacyjnych. Równoległe do prac doświadczalnych należy więc rozwijać metody numeryczne wspierające i integrujące procesy analizy danych eksperymentalnych oraz modelowania. Włączenie numerycznych metod identyfikujących modele matematyczne innowacyjnych materiałów konstrukcyjnych do komercyjnych pakietów komputerowego wspomaganie projektowania powinno przyczynić się do popularyzacji specjalnych struktur granulowanych w aplikacjach inżynierskich.

Zdaniem autora, szersze wykorzystanie specjalnych struktur granulowanych w optymalnym projektowaniu konstrukcji inteligentnych będzie miało duże znaczenie techniczne i ekonomiczne.

W ramach tematyki modelowania i badań doświadczalnych specjalnych struktur granulowanych, w latach 2002-2012, powstało ponad 60 prac naukowych, w tym 4 z listy JCR, 34 w czasopiśmie międzynarodowych lub krajowych (załącznik 6). Zrealizowałem także w charakterze kierownika 3 projekty badawcze podejmujące tę problematykę. W ramach mojej aktywności zawodowej wygłosiłem 65 referatów nawiązujących do szeroko rozumianej mechaniki specjalnych struktur granulowanych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

5.1 Zainteresowania naukowe

5.1.1 Ciecze i urządzenia magnetoreologiczne

Poza moimi zasadniczymi zainteresowaniami naukowymi obejmującymi specjalne struktury granulowane, należy także wymienić ciecze magnetoreologiczne (MR fluids) oraz urządzenia pracujące na ich bazie. Będąc członkiem zespołu realizującego badania eksperymentalne na obiektach wykorzystujących ciecze MR, w Instytucie Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Warszawskiej zauważyłem pewne podobieństwa płynów magnetoreologicznych i specjalnych struktur granulowanych.

Jako potwierdzenie ww. zainteresowań, przedstawiono krótkie podsumowanie moich osiągnięć naukowych w dziedzinie analizy właściwości cieczy MR bazujące głównie na pozycjach literaturowych i badaniach eksperymentalnych w których współuczestniczyłem.

Mimo bardzo intensywnych prac, które dotyczą cieczy magnetoreologicznych oraz dobrego opanowania technologii i konstrukcji urządzeń wykorzystujących je jako podstawę działania, w dalszym ciągu pojawia się wiele problemów badawczych do rozwiązania.

Gruntownego poznania właściwości urządzeń MR oraz naukowego opisu, wymagają między innymi, zagadnienia związane z procesem przepływu cieczy przez szczeliny tłoka, zagadnienia formułujące warunki brzegowe cieczy MR występujące na końcach szczelin w przypadkach zmiennych wartości natężenia prądu, określenie wpływu temperatury cieczy na własności pochłaniania i rozpraszania energii, problemy magnetyzmu szczątkowego pojawiające się w głowicy i poza nią, itp. Wyniki wstępnych badań eksperymentalnych pozwalających na wyjaśnienie niektórych z wspomnianych wyżej problemów można odnaleźć w pracach mojego współautorstwa.

Przykładowo w pracy (Bajkowski, Zalewski, 2006) omówiono problemy napotymane przy konstrukcji tłumików z cieczą MR. Zwrócono uwagę na źródła ciepła generowanego podczas pracy tłumika, oraz zaprezentowano przykładowe wyniki eksperymentalne. Kolejne etapy badań laboratoryjnych poświęconych ocenie wpływu temperatury na parametry tłumika wypełnionego cieczą magnetoreologiczną omówiono w pracy (Bajkowski i in., 2007). Tam też zaproponowano model reologiczny prototypu amortyzatora MR zbudowanego w IPBM PW, oraz przedstawiono jego podstawowe sformułowania matematyczne. Aspekty właściwości materiałowych płynów MR oraz materiałów wykorzystywanych w budowie liniowych tłumików pracujących z ich wykorzystaniem przedstawiono w pracy (Sówka i in., 2007). Szerszą dyskusję dotyczącą aspektów materiałowych części składowych tłumików można odnaleźć w publikacji (Bajkowski J., Zalewski R., 2008). Bardziej aplikacyjny charakter rozważań nad tematyką zastosowań urządzeń MR można odnaleźć w pracach (Bajkowski M., Zalewski R., 2007a, b). Zasadniczym celem tych publikacji było wykazanie, że poprzez zastosowanie struktury inteligentnej jaką jest tłumik magnetoreologiczny, w strukturze obiektu specjalnego, możliwe jest zamierzone sterowanie jego właściwościami dynamicznymi w taki sposób, który pozwala na poprawę parametrów drgań wybranych jego elementów. Przedstawiono wyniki przykładowych charakterystyk drgań elementów składowych obiektu specjalnego, uzyskanych na drodze symulacji komputerowych. Wpływ wielkości szczeliny, przez którą przepływa ciecz MR na makroskopowe odpowiedzi tłumika inteligentnego omówiono w pracy (Bajkowski i in., 2009). W tym miejscu warto też wspomnieć przeglądową pracę opublikowaną w formie rozdziału monografii *"Modelling and simulation in machine design"*, poświęconą praktycznym zastosowaniom tłumików MR m.in. w aktywnym zawieszeniu samochodu, podwoziu samolotu czy w militarnym obiekcie specjalnym. Inny podrozdział w tej samej książce dotyczył symulacji zachowań urządzenia MR na podstawie zbudowanego modelu numerycznego, zidentyfikowanego z wykorzystaniem wyników badań eksperymentalnych i oryginalnych procedur numerycznych (Bajkowski i in., 2009). Podobną tematykę poruszała praca (Dudziak i in., 2010). Próbę poszukiwania modelu konstytutywnego samej cieczy MR wraz z metodyką identyfikacyjną można odnaleźć w publikacji (Skalski, Zalewski, 2008). Opanowanie podstawowych problemów związanych z projektowaniem urządzeń pracujących na bazie cieczy magnetoreologicznych umożliwiło zbudowanie prototypów inteligentnych układów tłumiących, zastosowanych z powodzeniem w konstrukcjach wielkogabarytowych (Bajkowski i in., 2012). Dało także podstawy do sformułowania kompleksowego modelu matematycznego tłumika magnetoreologicznego, uwzględniającego zasadnicze zjawiska fizyczne towarzyszące jego pracy (Bajkowski i in., 2010) lub (Zalewski i in., 2012).

Podsumowując tę część warto zwrócić uwagę na fakt, że jestem autorem/współautorem 25 prac poświęconych tematyce problemów eksploatacji cieczy magnetoreologicznych w różnorodnych aplikacjach inżynierskich (załącznik 6). Uczestniczyłem bądź uczestniczę jako główny wykonawca i wykonawca w 7 projektach badawczych i badawczo rozwojowych (podpunkt 5.4.1). Wygłosiłem także około 30 referatów plenarnych z zakresu omawianej tematyki (załącznik 8).

Literatura do punktu 5.1.1

- Bajkowski J., Bajkowski M., Grzesikiewicz W., Zalewski R., Modeling, research and application of MR fluids and devices in controlled damping of impacts and vibrations, Modelling and simulation in machine design, Ch. 3, Mirosław Wrocławski Publishing House, Bydgoszcz, 2009
- Bajkowski J., Bajkowski M., Grzesikiewicz W., Sofonea M., Shillor M., Zalewski R., Analysis of the dependence between a temperature and working parameters of the MR damper, Mechanics, 26, 4, 155-161, 2007
- Bajkowski J., Jasiński M., Mączak J., Radkowski S., Zalewski R., The active magnetorheological support as an element of damping of vibrations transferred from the ground to large-scale structure supports, Key Engineering Materials Vol. 518, 350-357, 2012
- Bajkowski J., Dudziak B., Zalewski R., Experimental Research of a Magnetorheological Damper with Various Crevices – Modeling and Simulations, Machine Dynamics Problems, Vol. 32, No 1, 14-23, 2008
- Bajkowski J., Dudziak B., Zalewski R., MR damper - analysis and simulation of selected characteristics in scilab computer program, Modelling and simulation in machine design, Ch. 3, Mirosław Wrocławski Publishing House, Bydgoszcz, 117-127, 2009
- Bajkowski J., Pyrz M., Zalewski R., Modelowe badania prototypu tłumika magnetoreologicznego, Modelowanie Inżynierskie, 40, 7-14, 2010
- Bajkowski J., Zalewski R., Chosen problems connected with modeling of thermic problems in dissipation and absorption of energy in the magnetorheological damper, Proceeding of the XIV Ukrainian-Polish Conference on „CAD in Machinery Design”, 16-20, Polyana, Ukraine May 22-23, 2006
- Bajkowski J., Zalewski R., Some problems connected with designing of magnetorheological fluids and dampers, TRANSACTIONS of the VŠB – Technical University of Ostrava Metallurgical Series, 1, 172-179, 2008
- Bajkowski M., Zalewski R., Analiza możliwości wykorzystania tłumików MR w celu poprawy parametrów eksploatacyjnych obiektów specjalnych, Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej Rok XLVIII NR 170 K/1, 105-126, 2007a
- Bajkowski M., Zalewski R., Dynamic Model of Special Object with Magnetorheological Shock Absorber, Machine Dynamics Problems, 2007, Vol. 31, No 4, 5-14, 2007b
- Dudziak B., Pyrz M., Bajkowski J., Zalewski R., Wykorzystanie metody optymalizacyjnej, symulowanego wyżarzania do identyfikacji parametrycznej modelu reologicznego, Proceedings of the XVIIIth French-Polish Seminar of Mechanics, Warsaw, 54-63, 2010
- Skalski P., Zalewski R., Zastosowanie prawa Bodnera-Partoma do modelowania charakterystyk tłumika magnetoreologicznego, Inżynieria Wytwarzania pod redakcją Andrzeja Kołodzieja, Kalisz, 2008
- Sówka E., Babski K., Leonowicz M., Bajkowski J., Zalewski R., Magnetic and rheological properties of materials used in magnetorheological devices, Inżynieria Materialowa, 3-4 (157-158), rok XXVIII, 334-339, 2007
- Zalewski R., Nachman J., Shillor M., Bajkowski J., Dynamic Model for a Magnetorheological Damper, Applied Mathematical Modelling, 2012 (w opracowaniu edytorskim)

5.1.2 Stale paliwa raketowe

Kolejną dziedziną moich zainteresowań naukowych są stałe paliwa raketowe. Mój dorobek badawczo-naukowy w omawianej tematyce dotyczy modelowania, opisu matematycznego oraz badań eksperymentalnych i analizy zmian wartości głównych parametrów wytrzymałościowych i balistycznych, wybranych grup stałych paliw raketowych: homo i heterogenicznych a także na opracowywaniu efektywnych metod numerycznych wspomagających analizę zjawisk zachodzących w rozważanej grupie materiałów. Potwierdzeniem poprawności zaproponowanych przeze mnie modeli i metod symulacyjnych są rezultaty rozbudowanych badań doświadczalnych, prowadzonych w latach 2008-2012, które obejmowały przede wszystkim, analizę właściwości wytrzymałościowych i balistycznych, omawianych materiałów.

Opierając się na autorskich wynikach eksperymentalnych badanych materiałów, opracowałem zaawansowane modele konstytutywne, a także procedury numeryczne umożliwiające ich identyfikację parametryczną (Zalewski i in. 2008), (Zalewski i in. 2011), (Zalewski, Wolszakiewicz, 2009). Współtworzyłem także oryginalne aplikacje komputerowe umożliwiające weryfikację tych parametrów z wynikami eksperymentalnymi (Pyrz i in., 2008), (Pyrz i in., 2010). Z powodzeniem udało mi się zaadaptować, sformułowane dla metali, związki konstytutywne do opisu właściwości badanych materiałów.

Mój wkład w mechanikę doświadczalną stałych paliw raketowych umożliwił także opracowanie koncepcji wytwarzania odpowiednich próbek materiałów, zarówno homo- jak i heterogenicznych.

Podczas prowadzenia badań doświadczalnych, wytrzymałościowych i balistycznych, próbek materiałowych stałych paliw raketowych, należy ściśle przestrzegać zasad i norm związanych z bezpieczeństwem pracy. Realizacja eksperymentów badawczych wymagała więc modernizacji istniejących stanowisk badawczych, będących na wyposażeniu odpowiednio koncesjonowanej placówki badawczej (Pracowni badań balistycznych w Pionkach Instytutu Przemysłu Organicznego). W zrealizowanych z moim udziałem badaniach zostały odtworzone główne parametry i warunki pracy omawianych grup materiałów.

Jednocześnie prowadziłem badania dotyczące możliwości adaptacji zaawansowanych modeli konstytutywnych obowiązujących dla metali, do opisu zachowań próbek stałych paliw raketowych. Wykonana analiza potwierdziła możliwość adaptacji popularnie stosowanych lepkoplastycznych praw konstytutywnych, do opisu nieliniowego zachowania stałych paliw raketowych.

Bazując na zgromadzonej wiedzy, dokonałem laboratoryjnej weryfikacji, standardów prowadzenia badań wytrzymałościowych rozważanych materiałów, koncentrując się również na metodach identyfikacji parametrów wybranych modeli konstytutywnych.

W efekcie przeprowadzonych kompleksowych badań teoretycznych, eksperymentalnych, numerycznych i symulacyjnych zostały zaproponowane zupełnie nowe oraz uzupełnione dotychczasowe standardy prowadzenia badań doświadczalnych stałych paliw raketowych.

Zasadniczym celem prowadzenia badań właściwości mechanicznych stałych paliw raketowych jest ocena ich jakości pod względem wytrzymałości mechanicznej, przydatna głównie podczas kontroli produkcji i atestacji układów miotających zawierających stałe paliwa raketowe. Tę tematykę podejmują prace (Zalewski i in., 2008), (Zalewski i in., 2012), (Zalewski, Wolszakiewicz, 2011 a i b), (Zalewski, Wolszakiewicz, 2012), w których dokonano szczegółowej analizy rezultatów statycznych prób rozciągania stałych paliw raketowych. Zrealizowane badania są etapem wielopłaszczyznowej analizy właściwości mechanicznych zachowań stałych paliw raketowych w aspekcie poszukiwań powiązań pomiędzy zadaną historią obciążenia badanego ładunku, a jego właściwościami balistycznymi (Wolszakiewicz i in., 2012), (Wolszakiewicz, Zalewski, 2008).

Stale paliwa raketowe w warunkach eksploatacji i długoczasowego przechowywania podlegają ciągłym i różnorodnym obciążeniom termicznym i mechanicznym. Długoczasowe, sprzężone obciążenia mechaniczno-termiczne wpływają na zmiany subtelnej i metastabilnej struktury wewnętrznej, co może doprowadzić do pojawienia się lokalnych nieciągłości, a w efekcie do niekontrolowanego rozwinięcia powierzchni palnej podczas testów balistycznych lub w warunkach eksploatacji. Tej tematyce poświęcone są prace dotyczące głównie wpływu obciążeń termicznych i mechanicznych na wyniki prób jednoosiowego rozciągania stałych paliw raketowych (Zalewski i in., 2012), (Zalewski, Wolszakiewicz, 2011b).

Oszacowanie wpływu rozważanych procesów obciążeniowych na makroskopowe właściwości balistyczne stałych paliw raketowych jest szczególnie istotne ze względu na rzeczywisty proces przechowywania i eksploatacji układów zawierających stałe paliwa raketowe i obciążenia mu towarzyszące. W pracach (Wolszakiewicz i in., 2012), (Bajkowski i in., 2013), przedstawiono wyniki badań balistycznych paliw homogenicznych poddanych uprzednio jednoosiowemu rozciąganiu o zadanej historii, lub zmiennym obciążeniom termicznym. Po przeprowadzeniu badań na maszynie wytrzymałościowej próbki umieszczano w komorach balistycznych i przeprowadzono kontrolowany proces spalania. Wyniki spalań porównano z badaniami próbek bez wstępnej historii obciążenia. Istotą poruszanego problemu było zarejestrowanie różnic wybranych parametrów balistycznych pomiędzy próbkami będącymi pod wpływem wstępnych obciążeń mechanicznych lub cyklicznych zmian temperatury a ich nieobciążonymi odpowiednikami.

Podsumowując moje osiągnięcia badawczo-naukowe w tematyce stałych paliw raketowych chciałbym podkreślić moje współautorstwo w **13** pracach naukowych (**5** z listy **Web of Science**) w rozważanej dziedzinie naukowej (załącznik 6), uczestnictwo w charakterze głównego wykonawcy ministerialnego projektu badawczego (podpunkt 5.4.1) a także wygłoszenie około **15** tematycznych referatów (załącznik 8).

Na szczególne zaakcentowanie zasługuje ukazanie się w 2012 roku monografii: Bajkowski J., Szlitkus P., Wolszakiewicz T., Zalewski R. *Modelowanie i badania nieliniowych właściwości stałych paliw raketowych*. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii i Eksploatacji - PIB, Warszawa-Radom, ISBN 978-83-7789-090-5 (235 stron), której jestem **głównym autorem**.

Literatura do podpunktu 5.1.2

- Pyrz M., Wolszakiewicz T., Zalewski R., Modeling of solid propellants nonlinear properties with thermal loading history, *Machine Dynamics Problems*, 2008, Vol. 32, No 3, pp. 80-91
- Pyrz M., Wolszakiewicz T., Zalewski R., Viscoplastic behavior of solid propellants, *Proceedings of th 13th Seminar on New Trends in Research of Energetic Materials*, Pardubice, Czech Republic, April 21-23, 2010, pp. 774-783.
- Wolszakiewicz T., Zalewski R., Modelowanie zachowań stałych paliw raketowych obciążonych mechanicznie i termicznie, *Praca zbiorowa pod redakcją Józefa Gacka, Ryszarda Kostrowa, Zbigniewa Leciejewskiego i Eugeniusza Milewskiego*, Naukowe Aspekty Uzbrojenia i Bezpieczeństwa, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2008 pp. 141-151.
- Wolszakiewicz T., Gawor T., Zalewski R., Analiza balistyczna homogenicznych stałych paliw raketowych obciążonych termicznie i mechanicznie w świetle badań wytrzymałościowych, *Przemysł Chemiczny* 91 (9) , pp. 1854-1857, 2012
- Zalewski R., Pyrz M., Wolszakiewicz T., Modeling of Solid Propellants Viscoplastic Behavior Using Evolutionary Algorithms, *Central European Journal of Energetic Materials*, 2010, 7(4), 115-129

- Zalewski R., Wolszakiewicz T., Bajkowski J., Modeling of non-linear properties of solid propellant, Proceedings of New Trends in Research of Energetic Materials, Pardubice, Czech Republic, April 09-11, 2008, pp. 938-944.
- Zalewski R., Wolszakiewicz T., Bajkowski J., Wpływ temperatury na podstawowe właściwości mechaniczne homogenicznych stałych paliw raketowych, Przemysł Chemiczny 91 (9), pp. 1830-1833, 2012
- Zalewski R., Wolszakiewicz T., Pyrz M., Modelowanie zachowań stałych paliw raketowych w aspekcie właściwości mechanicznych, materiały II Międzynarodowej Konferencji NATCon'2008, materiały w formie elektronicznej.
- Zalewski R., Wolszakiewicz T., Viscoplastic model for solid propellants, Proceedings of the 12th Seminar on New Trends in Research of Energetic Materials, Pardubice, Czech Republic, April 01-3, 2009, pp. 905-911.
- Zalewski R., Wolszakiewicz T., Analysis of experimental results of solid propellants, Proceedings of the 14th Seminar on New Trends in Research of Energetic Materials, Pardubice, Czech Republic, April 13-15, 2011a, pp. 1019-1026.
- Zalewski R., Wolszakiewicz T., Analysis of uniaxial tensile tests for homogeneous solid propellants under various loading conditions, Central European Journal of Energetic Materials, 2011b, 8(4), 223-231.
- Zalewski R., Wolszakiewicz T.: Badania podstawowych właściwości mechanicznych homogenicznych stałych paliw raketowych, Przemysł Chemiczny 91 (9) , pp. 1825-1829, 2012

5.2 Osiągnięcia dydaktyczne

Działalność dydaktyczną rozpocząłem we wrześniu 2005 r. jako członek Zespołu Dydaktycznego Podstaw Konstrukcji Maszyn na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej pod kierownictwem prof. Z. Dąbrowskiego. Początkowo moja praca dydaktyczna związana była z przedmiotami charakterystycznymi dla zatrudniającego mnie Zespołu tj. ćwiczeniami z Geometrii Wykreślnej oraz Projektowaniu Podstaw Zapisu Konstrukcji.

W efekcie rozwijania zasadniczych zainteresowań naukowych, moja działalność dydaktyczna uległa znacznemu rozszerzeniu. W konsekwencji prowadzonych przeze mnie badań naukowych nad materiałami nieklasycznymi (Specjalnymi Strukturami Granulowanymi, cieczami MR czy stałymi paliwami raketowymi), zostałem zaproszony, w roku 2006, do współpracy z Zakładem Mechaniki Wydziału SiMR PW i do prowadzenia zajęć ćwiczeniowych oraz laboratoryjnych z Wytrzymałości Materiałów a także Laboratorium Materiałów Konstrukcyjnych.

Ważnym efektem prowadzonych przeze mnie prac badawczych, w ramach Ministerialnych i Uczelnianych projektów badawczych, było stworzenie stanowisk badawczych służących następnie celom dydaktycznym. Należy do nich stanowisko do badań zmiennych właściwości fizycznych Specjalnych Struktur Granulowanych, które od trzech lat wykorzystywane jest jako pomoc dydaktyczna dla przedmiotu Laboratorium Modelowania i Badania Maszyn. Jestem **współautorem skryptu** z *Laboratorium modelowania i badania maszyn*, wydanego w 2010 roku przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej, pod redakcją Michała Hacia, którego rozdział 9, mojego autorstwa, obejmuje omawiany zakres tematyczny.

Inne stanowisko badawcze, zbudowane na potrzeby realizacji prowadzonych przeze mnie badań eksperymentalnych, jest wykorzystywane w ramach zajęć Laboratorium Aktywnej Redukcji Drgań Układów Mechanicznych.

Podczas mojej pracy dydaktycznej byłem opiekunem kilkunastu prac przejściowych i dyplomowych zarówno na studiach I jak i II-go stopnia. Prowadziłem także SeminaRIA Dyplomowe.

Kolejnym moim osiągnięciem dydaktycznym jest propozycja przedmiotu obieralnego „*Modelowanie właściwości mechanicznych materiałów inteligentnych*” na Studiach Podyplomowych „*Komputerowe Wspomaganie Projektowania i Podstawy Wzornictwa Przemysłowego*”, na Wydziale SiMR Politechniki Warszawskiej. W ramach przygotowań zakresu tematycznego dla omawianego przedmiotu powstał **skrypt** mojego autorstwa pt. „*Modelowanie właściwości mechanicznych materiałów inteligentnych*”, wydany w 2012 roku; ISBN 83-89703-80-7 (95 stron).

W latach 2007 - 2012 byłem także opiekunem wielu **staży międzynarodowych** dydaktyczno-naukowych. Pod moją opieką przebywało ponad 30 studentów z takich krajów jak Francja, Hiszpania, Ukraina, Albania Maroko czy Chiny.

Całokształt mojego dorobku dydaktycznego został wysoko oceniony nie tylko przez kadrę kierowniczą Politechniki Warszawskiej tj. **trzy nagrody dydaktyczne Rektora Politechniki Warszawskiej** (zespolowa w 2009 oraz 2010 r. i indywidualna, za wyróżniające prowadzenie zajęć dydaktycznych w roku akademickim 2010/2011), ale także przez społeczność studencką. Wyrazem tego było przyznanie mi prestiżowej **nagrody Złotej Kredy**, w roku akademickim 2010/2011, w kategorii najlepszy prowadzący ćwiczenia na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej.

Chciałbym także zwrócić uwagę na inny charakter mojej aktywności dydaktycznej. Jako **członek zespołu Sekcji Dynamiki Układów Polskiej Akademii Nauk**, należałem do trzyosobowej grupy opracowującej nowe i analizującego istniejące programy nauczania przedmiotów z grupy szeroko rozumianej mechaniki. W ramach jej działania przygotowano *Analizę planów studiów i programów nauczania przedmiotów z dziedziny Mechanika w Politechnikach, Akademiach Technicznych, Uniwersytetach i Państwowych Wyższych Szkołach Zawodowych na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn*. Na kolejnych posiedzeniach Sekcji Dynamiki Układów, Komitetu Mechaniki Polskiej Akademii Nauk przedyskutowano i zaakceptowano zagadnienia i wnioski przedstawione w opracowanym raporcie pisemnym.

Inną formą docenienia mojej działalności dydaktycznej jest z pewnością fakt zaproszenia mnie do wygłoszenia **wykładów na Uniwersytecie Dzieci**. W grudniu 2012 roku prowadziłem cztero godzinny cykl wykładów pt. „*Czy materiał może być inteligentny?*” dla „młodej społeczności akademickiej” składającej się z dzieci w wieku 8-9 lat.

Poniżej przedstawiono sumaryczne zestawienie moich osiągnięć dydaktycznych:

- | | |
|--------------------------|--|
| skrypty
dydaktyczne | <ol style="list-style-type: none">1. Praca zbiorowa pod redakcją Michała Hacia. Laboratorium modelowania i badania maszyn, ćwiczenie 9. Badania właściwości dyssypacyjnych specjalnych struktur granulowanych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2010, ISBN 978-83-7207-908-4 - współautor2. Robert Zalewski "Modelowanie właściwości mechanicznych materiałów inteligentnych", wydany w 2012 roku; ISBN 83-89703-80-7 (95 stron). |
| prowadzone
przedmioty | <ol style="list-style-type: none">1. Ćwiczenia z przedmiotu geometria wykreślna,2. Ćwiczenia z przedmiotu wytrzymałość materiałów,3. Ćwiczenia z przedmiotu podstawy zapisu konstrukcji4. Laboratorium modelowania i badania maszyn,5. Laboratorium materiałów konstrukcyjnych,6. Laboratorium wytrzymałości materiałów,7. Laboratorium aktywnej redukcji drgań układów mechanicznych8. Prowadzenie prac przejściowych i dyplomowych (na studiach I i II-go |

- stopnia),
9. Seminaryjne dyplomy.
 10. Prowadzenie zagranicznych staży naukowych
 11. Przedmiot obieralny Modelowanie właściwości mechanicznych materiałów inteligentnych na Studiach Podyplomowych „Komputerowe Wspomaganie Projektowania i Podstawy Wzornictwa Przemysłowego”

5.3 Współpraca z instytucjami, organizacjami i towarzystwami naukowymi

5.3.1 Współpraca z instytucjami zagranicznymi

Współpracę naukową z instytucjami zagranicznymi rozpocząłem już podczas studiów magisterskich, odbywając w roku akademickim 2003/2003 **siedmiomiesięczny staż naukowy** na Université des Sciences et Technologie de Lille we Francji. W trakcie jego trwania, we współpracy z prof. Bernardem Landjeritem, przygotowałem pracę dyplomową magisterską dotyczącą modelowania opisu matematycznego i badań własności materiałów granulowanych.

Wspomnianą współpracę z ww. instytucją kontynuowałem także podczas studiów doktoranckich. Równolegle do realizacji studiów III-go stopnia na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, przygotowywałem rozprawę doktorską we Francji w ramach **międzynarodowego programu Cotutelle**. W tym okresie, poza krótkoterminowymi wizytami w Polytech'Lille, warto wymienić odbyty przeze mnie miesięczny staż naukowy w École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Bourges, na zaproszenie prof. Krzysztofa Woźnicy.

Od 2005 roku, jako adiunkt zatrudniony w Instytucie Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Warszawskiej podtrzymywałem wcześniej nawiązane kontakty naukowe ze wspomnianymi jednostkami głównie za sprawą indywidualnej współpracy naukowej z prof. Mariuszem Pyrzem z Polytech'Lille oraz profesorem Krzysztofem Woźnicą z ENSI de Bourges.

Rozwój moich zainteresowań naukowych, prezentacja osiągnięć na międzynarodowych seminariach i konferencjach oraz pełniona przeze mnie od 2005 roku **funkcji pełnomocnika Dziekana ds. kontaktów z Francją** (od 2005 do 2012 r.), umożliwiły mi nawiązanie różnego typu współpracy naukowej z takimi jednostkami zagranicznymi jak **Université de Perpignan Via Domitia** (współpraca naukowo-badawcza z prof. Mircea Sofonea; umowa o bilateralnej współpracy naukowo-dydaktycznej; współorganizowanie międzynarodowych Seminariów Polsko-Francuskich), **Technical University of Ostrava** (jestem członkiem komitetu naukowego dorocznej konferencji Polsko-Słowackiej nt. CAD in Mechanical and Engineering Systems), **Politechnika Lwowska** (współpraca naukowo-dydaktyczna z kierownikiem katedry CAD - prof. Mikhaylo Loburem; podpisana umowa bilateralna pomiędzy Politechniką Lwowską i Warszawską), współpraca naukowa z prof. Meirem Shillorem z **Department of Mathematics and Statistics Oakland University** (prowadzenie wspólnych prac naukowych i wymiany akademickiej; podpisanie umowy o bilateralnej współpracy naukowej pomiędzy Politechniką Warszawską a Oakland University).

Inna forma współpracy z naukowymi instytucjami zagranicznymi wynika z pełnionych przeze mnie funkcji organizacyjnych na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej (**pełnomocnik dziekana ds. programu LLP ERASMUS** w latach 2011-2012 oraz **pełnomocnik dziekana ds. współpracy międzynarodowej** - od 2012 r.). W ramach wspomnianej działalności prowadzę aktywną kooperację z około 20 zagranicznymi (europejskimi) uczelniami wyższymi oraz instytucjami

badawczymi. Przykładowo w wyniku obowiązujących umów bilateralnych w roku akademickim 2012/2013 wysłano na staż zagraniczny ponad 20 studentów Wydziału SiMR PW oraz przyjęto kilku studentów z partnerskich jednostek zagranicznych.

Od dziesięciu lat jestem także **przewodniczącym komitetów organizacyjnych** - Francusko-Polskich Seminariów Mechaniki (odbywających się cyklicznie-1 raz w roku; przemiennie w Polsce i Francji, od 2003 r.) oraz Międzynarodowych Konferencji nt.: Modelowanie i Symulacja Zjawisk Tarciovych w Układach Fizycznych Strukturach Technicznych "Tarcie" (cyklicznie-raz na dwa lata –od 2003 r.).

5.3.2 Współpraca z instytucjami krajowymi

Zasadnicza część mojej współpracy naukowej z instytucjami krajowymi wynika z prowadzonych przeze mnie projektów badawczych i prac naukowych. Wśród współpracujących ze mną Instytucji można wymienić:

- Pracownię Badań Balistycznych Instytutu Przemysłu Organicznego w Pionkach

W 2005 roku nawiązałem kontakt z kierownikiem wspomnianej jednostki - dr inż. Tomaszem Wolszakiewiczem. W ramach dotychczasowej współpracy naukowej powstała monografia, kilkanaście prac naukowych, oraz zrealizowany został ministerialny projekt badawczy.

- Zakład Konstrukcji Urządzeń Precyzyjnych Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej

W efekcie współpracy z Panią Prof. Danutą Jasińską-Choromańską, zawiązałem konsorcjum realizujące, pod moim kierownictwem, Uczelniany Program Badawczy wykonywany na Politechnice Warszawskiej w 2009 roku (*"Modelowe badania nieliniowych właściwości mechanicznych i dyssypacyjnych specjalnych struktur granulowanych w aspekcie możliwości ich zastosowania w wybranej grupie ortez ortopedycznych"*).

- Instytut Lotnictwa

W ramach współpracy naukowo-badawczej z Instytutem Lotnictwa zawiązano w 2012 r. (z moim członkostwem) konsorcjum skupiające Wydział SiMR PW, ILOT oraz Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, wnioskujące do NCBiR o projekt badawczo - rozwojowy nt. Opracowanie konstrukcji i systemu sterowania oraz budowa, badania i analiza cech dynamicznych i eksploatacyjnych prototypów wieloosiowych elastomerowych tłumików z materiałem magnetoreologicznym do zastosowania w pojazdach, statkach powietrznych i innych urządzeniach technicznych.

- Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

W ramach współpracy przy realizacji projektu badawczo-rozwojowego nr. N R03-0021-04 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt. Modelowanie i analiza kinematyczna, dynamiczna, termiczna i magnetyczna, budowa i badania eksperymentalne prototypów zespołów stabilizatorów stawów łokciowego, kolanowego i skokowego, wyposażonych w inteligentne tłumiki i amortyzatory magnetoreologiczne

- Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej

W ramach m. in. wykonawstwa projektów badawczych: nr N N501 231139 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt. *Modelowanie, analiza kinematyczna, dynamiczna, termiczna i magnetyczna oraz optymalizacja parametrów układów mechanicznych, wyposażonych w inteligentny tłumik magnetoreologiczny i poddanych działaniu obciążeń uderzeniowych, a także projektu badawczego-rozwojowego NR :IN1/155660 (INNOTECH w NCBiR)*

Badania i opracowanie konstrukcji układu tłumienia drgań z wykorzystaniem inteligentnych tłumików magnetoreologicznych dedykowanych dla podstawy uniwersalnej obiektu specjalnego

Ponadto utrzymuję stale kontakty naukowe z pracownikami Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Poznańskiej oraz pracownikami z Zakładu Mechaniki Materiałów IPPT PAN (dr Jakubem Lengiewiczem i dr inż. Przemysławem Sadowskim).

W latach 2007-2011 byłem ponadto członkiem **Sekcji Dynamiki Układów Komitetu Mechaniki Polskiej Akademii Nauk**. W roku 2013 zostałem zaproszony do dalszej współpracy z SDU PAN w charakterze "członka stowarzyszonego".

5.4 Pozostałe osiągnięcia

5.4.1 Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach

a) kierownictwo w projektach badawczych

1) **Kierownik** projektu badawczego nr N502 040 31-0490 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt.

Propozycja nowego materiału inteligentnego i jego zastosowania do tworzenia elementów kształtowych z dodatkową kontrolą właściwości mechanicznych

2) **Kierownik** projektu badawczego nr N N501 069638 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt.

Badania, analiza i modelowanie nowych możliwości semi-aktywnego tłumienia drgań i hałasu z wykorzystaniem innowacyjnych struktur granulowanych

3) **Kierownik** Uczelnianego Programu Badawczego nr 503.S/1152/1135 w roku 2010

Modelowe badania nieliniowych właściwości mechanicznych i dyssypacyjnych specjalnych struktur granulowanych w aspekcie możliwości ich zastosowania w wybranej grupie ortez ortopedycznych

b) wykonawstwo projektów badawczych

1) Wykonawca projektu badawczego nr 4T07C 024 26 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt.

Badania i zastosowanie cieczy magnetoreologicznych w sterowanym tłumieniu drgań i uderzeń

2) Wykonawca projektu badawczo-rozwojowego nr 516/G11/52/60/10

Badania i analiza właściwości oraz określenie warunków kształtowania dynamicznych cech, niezbędnych dla konstrukcji prototypu amortyzatora magnetoreologicznego poprawiającego eksploatacyjne parametry sterowania tłumieniem drgań i uderzeń, w lekkich obiektach specjalnych

3) **Główny wykonawca** projektu badawczo rozwojowego nr 1131/B/T02/2009/36 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt.

Modelowe badania nieliniowych właściwości mechanicznych stałych paliw raketowych w aspekcie ich parametrów użytkowych i balistycznych

- 4) Wykonawca Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka; Poddziałania 1.1.2 Nr PO IG.01.01.02-00-013/08-00 nt.
Monitorowanie stanu technicznego Konstrukcji i ocena jej żywotności
- 5) Wykonawca projektu badawczego nr N N501 231139 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt.
Modelowanie, analiza kinematyczna, dynamiczna, termiczna i magnetyczna oraz optymalizacja parametrów układów mechanicznych, wyposażonych w inteligentny tłumik magnetoreologiczny i poddanych działaniu obciążeń uderzeniowych
- 6) Wykonawca projektu badawczo-rozwojowego nr N R03-0021-04 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt.
Modelowanie i analiza kinematyczna, dynamiczna, termiczna i magnetyczna, budowa i badania eksperymentalne prototypów zespołów stabilizatorów stawów łokciowego, kolanowego i skokowego, wyposażonych w inteligentne tłumiki i amortyzatory magnetoreologiczne
- 7) Wykonawca projektu badawczo rozwojowego nr N R03 0111 10, Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt.
Opracowanie prototypów aktywnych sprzęgieł i tłumików magnetoreologicznych o zerowym magnetyzmie szczytkowym - modelowanie analiza dynamiczna, termiczna i magnetyczna oraz badania prototypów
- 8) Wykonawca projektu badawczego-rozwojowego nr :INI/155660 (INNOTECH w NCBiR)
Badania i opracowanie konstrukcji układu tłumienia drgań z wykorzystaniem inteligentnych tłumików magnetoreologicznych dedykowanych dla podstawy uniwersalnej obiektu specjalnego
- 9) Wykonawca Uczelnianego Programu Badawczego; Praca nr 503/F/1152/1034
Badania i analiza wpływu parametrów konstrukcyjnych, termicznych i magnetycznych na pracę liniowych tłumików pracujących na bazie inteligentnych cieczy magnetoreologicznych, w warunkach obciążeń uderzeniowych
- 10) Wykonawca grantu promotorskiego nr 1497/T07/2004/27 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt. *Analiza właściwości mechanicznych struktur utworzonych z materiałów granulowanych znajdujących się w przestrzeni z podciśnieniem*

5.4.2. Autorstwo lub współautorstwo odpowiednio dla danego obszaru: opracowań zbiorowych, dokumentacji prac badawczych

a) autorstwo raportów końcowych z projektów Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (KBN i NCN)

1. "Propozycja nowego materiału inteligentnego i jego zastosowania do tworzenia elementów kształtowych z dodatkową kontrolą właściwości mechanicznych" (Nr N502 040 31/0490)



2. „Badania, analiza i modelowanie nowych możliwości semi-aktywnego tłumienia drgań i hałasu z wykorzystaniem innowacyjnych struktur granulowanych” (Nr N N501 069638)
3. „Analiza właściwości mechanicznych struktur utworzonych z materiałów granulowanych znajdujących się w przestrzeni z podcieniem” (1497/T07/2004/27)
- grant promotorski

b) autorstwo raportu końcowego Uczelnianego Programu Badawczego PW w roku 2009

Modelowe badania nieliniowych właściwości mechanicznych i dyssypacyjnych specjalnych struktur granulowanych w aspekcie możliwości ich zastosowania w wybranej grupie ortez ortopedycznych

c) współautorstwo raportów końcowych

- główny współautor raportu projektu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nt. *Modelowe badania nieliniowych właściwości mechanicznych stałych paliw rakietowych w aspekcie ich parametrów użytkowych i balistycznych* (Nr 1131/B/T02/2009/36) - **udział 60%**

- współautor raportu *Badania i zastosowanie cieczy magnetoreologicznych w sterowanym tłumieniu drgań i uderzeń* (Nr 4T07C 024 26) - **udział 20 %**

- współautor raportu *Badania i analiza właściwości oraz określenie warunków kształtowania dynamicznych cech, niezbędnych dla konstrukcji prototypu amortyzatora magnetoreologicznego poprawiającego eksploatacyjne parametry sterowania tłumieniem drgań i uderzeń, w lekkich obiektach specjalnych* (Nr 516/G11/52/60/10) - **udział 20 %**

- współautor raportu *Modelowanie, analiza kinematyczna, dynamiczna, termiczna i magnetyczna oraz optymalizacja parametrów układów mechanicznych, wyposażonych w inteligentny tłumik magnetoreologiczny i poddanych działaniu obciążeń uderzeniowych* (Nr N N501 231139) - **udział 20 %**

- współautor raportu *Modelowanie i analiza kinematyczna, dynamiczna, termiczna i magnetyczna, budowa i badania eksperymentalne prototypów zespołów stabilizatorów stawów łokciowego, kolanowego i skokowego, wyposażonych w inteligentne tłumiki i amortyzatory magnetoreologiczne* (N R03-0021-04) - **udział 10 %**

- współautor raportu *Opracowanie prototypów aktywnych sprzęgieł i tłumików magnetoreologicznych o zerowym magnetyzmie szeregowym - modelowanie analiza dynamiczna, termiczna i magnetyczna oraz badania prototypów* (N R03 0111 10) - **udział 10 %**

- współautor raportu *Badania i analiza wpływu parametrów konstrukcyjnych, termicznych i magnetycznych na pracę liniowych tłumików pracujących na bazie inteligentnych cieczy magnetoreologicznych, w warunkach obciążeń uderzeniowych* (nr 503/P/1152/1034) - **udział 20 %**

5.4.3 krajowe nagrody za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną:

- nagroda w VI Konkursie na Najlepszą pracę magisterską (2003 r.)
- nagroda indywidualna Rektora (za osiągnięcia naukowe) (2005 r.)
- **nagroda Prezesa Rady Ministrów** (za Rozprawę Doktorską) (2006 r.)
- nagroda indywidualna Rektora (za osiągnięcia organizacyjne) (2008 r.)
- nagroda indywidualna Rektora (za osiągnięcia dydaktyczne) (2009 r.)
- nagroda zespołowa Rektora (za osiągnięcia dydaktyczne) (2010 r.)
- nagroda indywidualna Rektora (za osiągnięcia naukowe) (2010 r.)
- **nagroda Złotej Kredy** w roku akad. 2010/2011 w kategorii najlepszy prowadzący ćwiczenia na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej
- nagroda indywidualna Rektora Politechniki Warszawskiej za wyróżniające prowadzenie zajęć dydaktycznych w roku akademickim 2010/2011

5.4.4 opieka naukowa nad stażami studenckimi

- 2007** – trzyosobowa grupa studentów z uczelni francuskich.
- 2008** – pięćosobowa grupa studentów francuskich. student z Chińskiej Republiki Ludowej.
- 2009** – ośmioosobowa grupa studentów francuskich.
- 2010** – dziesięćosobowa grupa studentów międzynarodowych (Francja, Hiszpania, Albania, Maroko).
- 2011** - ośmioosobowa grupa studentów francuskich.
- 2012** - czteroosobowa grupa studentów francuskich.

5.4.5 udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

- członek komitetu naukowego cyklicznie publikowanych monografii *Machine Modeling and Simulations* - publikowanych w ramach międzynarodowych konferencji (*Polish-Slovak Conferences*).
- od 2013 sekretarz naukowy międzynarodowego czasopisma *Machine Dynamic Research*; nr ISSN 2080-9948.

5.4.6 członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

- a) w latach 2007-2011 członek **Sekcji Dynamiki Układów Komitetu Mechaniki Polskiej Akademii Nauk**
- b) przewodniczący komitetów organizacyjnych:
 - Francusko-Polskich Seminariów Mechaniki (cyklicznie-I raz w roku; przemiennie w Polsce i Francji, od 2003 r.).



- Międzynarodowych Konferencji nt.: Modelowanie i Symulacja Zjawisk Tarcowych w Układach Fizycznych Strukturach Technicznych "Tarcie" (cyklicznie-raz na dwa lata –od 2003 r.)

c) Członek komitetów naukowych:

- International Conference, Machine Modeling and Simulation – MMS 20...
- French-Polish Seminar of Mechanics

d) Członek Rady Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej w latach 2005-2012

e) Członek bazy naukowej udostępnionej przez Dziekana Wydziału SiMR PW do udziału w komisjach doktorskich i habilitacyjnych Uniwersytetu w Wilnie

f) zaproszenie do uczestnictwa w pracach Sekcji Dynamiki Układów Komitetu Dynamiki Polskiej Akademii Nauk jak tzw. "członek stowarzyszony" w latach 2013-2016.

g) Członek Wydziałowej Komisji ds. Nagród i Odznaczeń (od 2012 roku).

5.4.7 staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

1. **Francja**, EUDIL, Universite de Sciences et Technologies de Lille – staż siedmiomiesięczny (II.2002- VII.2002).

2. **Francja** Bourges, ENSI de Bourges. - 2004, 2- tygodniowe konsultacje.

3. **Francja** Bourges, ENSI de Bourges. - XI-XII 2004. konsultacje.

4. **USA**, Iowa, University of Iowa. (marzec 2011) 2-tygodniowy pobyt konsultacyjny wraz z prelekcją wykładu plenarnego pt. *Comparison of MR fluids and new granular structures in special conditions*. American Mathematical Society. (Spring Central Section Meeting, the Special Session on Modelling, Analysis and Simulation in Contact Mechanics). March 18 to 20, Iowa City, USA, 2011.

5.4.8 opieka naukowa nad doktorantami

Ważnym aspektem mojej dotychczasowej pracy naukowej było pełnienie istotnych funkcji pomocniczych w opiece nad trzema zakończonymi obroną przewodami doktorskimi, prowadzonymi na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej:

1) Piotr Tadzik, *Analiza tłumienia drgań i hałasu przy zastosowaniu materiałów granulowanych*, Warszawa 2009, promotor prof. dr hab. inż. Jerzy Bajkowski

2) Bartłomiej Dudziak, *Modelowanie i analiza wybranych procesów dyssypacyjnych w pracy tłumika z cieczą magnetoreologiczną*, Warszawa 2009, promotor prof. dr hab. inż. Jerzy Bajkowski

- 3) Paweł Skalski. *Analiza lepkoplastycznych właściwości cieczy magnetoreologicznej w eksploatacyjnych warunkach pracy tłumika*, Warszawa 2010, promotor prof. dr hab. inż. Jerzy Bajkowski

Pełnione funkcje dotyczyły procesów planowania badań, ich realizacji a także analizy wyników. Termin obrony wspomnianych prac doktorskich (do 2010 roku) uniemożliwia mi formalne zaklasyfikowanie tej części dorobku jako opieka nad doktorantem w formie "promotora pomocniczego". Aktualnie jestem współopiekunem trzech nieotwartych przewodów doktorskich.

5.4.9 autorstwo zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego lub technologicznego.

Autorstwo opracowanych prototypów:

- semi-aktywnego tłumienia drgań specjalnymi strukturami granulowanymi.
- semi-aktywnego tłumienia hałasu specjalnymi strukturami granulowanymi.
- granulowanej ortozy ortopedycznej.
- liniowego tłumika, pracującego na bazie rdzenia granulowanego.

Wnioski patentowe w fazie redakcyjnej

- nowy sposób na pół-aktywne tłumienie drgań.
- innowacyjny sposób tłumienia hałasu.
- granulowana orteza ortopedyczna o zmiennych właściwościach fizycznych.

5.4.10 pełnione funkcje

- pełnomocnik dziekana ds. kontaktów z Francją (od 2005 do 2012 r.)
- pełnomocnik dziekana ds. programu LLP ERASMUS w latach 2011-2012
- pełnomocnik dziekana ds. współpracy międzynarodowej (od 2012 r.)

5.4.11 inne osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki

- reprezentowanie Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych na V **Międzynarodowym Salonie Edukacyjnym Perspektywy 2006**
- wykładowca na **Uniwersytecie Dzieci** (2012 rok).
- prowadzenie eksperckich szkoleń zewnętrznych z zakresu odczytywania dokumentacji technologicznej (*McKinsey & Company*).

5.4.12 recenzje publikacji

- kilkanaście recenzji publikowanych materiałów konferencyjnych m.in. Francusko-Polskich Seminariów Mechaniki, Międzynarodowych Konferencji nt.: Modelowanie i Symulacja Zjawisk Tarciovych w Układach Fizycznych Strukturach Technicznych "Tarcie", Euromech 498 Colloquium.
- recenzent międzynarodowego czasopisma naukowego znajdującego się w bazie Journal Citation Reports (JCR) - *Journal of Vibration and Control*.

