

Dr inż. Marek Borowiec

Załącznik nr 2

**do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego
w dziedzinie Nauk Technicznych w dyscyplinie Mechanika**

Lublin 2016

Spis treści

1.	Informacje o wnioskodawcy.....	3
1.1	Dane osobowe.....	3
1.2	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
1.3	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
1.4	Przebieg rozwoju zawodowego.....	4
2.	Opis osiągnięcia naukowego	5
2.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego	5
2.2.	Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa.	5
2.3.	Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	11
3.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych.....	12
4.	Działalność dydaktyczna i popularyzatorska	17
5.	Podsumowanie	19

1. Informacje o wnioskodawcy

1.1 Dane osobowe

Imię i nazwisko: Marek Borowiec

Data i miejsce urodzenia: 2 styczeń 1978 r. Tarnogród

Wykształcenie:

1993 – 1998 Technikum Mechaniczne w Biłgoraju,

1998 – 2003 Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, studia dzienne magisterskie na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn,

2004 – 2008 Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, studia doktoranckie

1.2 Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

Stopień doktora:

Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, 04.02.2009.

Specjalność: Nauki Techniczne,

Dyscyplina: Budowa i Eksploatacja Maszyn

Tytuł pracy doktorskiej:

„Badania drgań nieliniowych zawieszenia pojazdów samochodowych”

Promotor: Prof. dr hab. Grzegorz Litak, Politechnika Lubelska

Recenzenci: Prof. dr hab. inż. Jan Awrejcewicz, Politechnika Łódzka

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Szabelski, Politechnika Lubelska

Tytuł magistra inżyniera:

Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, 16.06.2003.

Kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn

Specjalność: Samochody i ciągniki

Tytuł pracy magisterskiej:

„Analiza statystyczna wskaźników ekologicznych taboru autobusowego MPK w Lublinie”

Promotor: dr. inż. Piotr Szczęsny

1.3 Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Miejsce zatrudnienia:

Katedra Mechaniki Stosowanej,

Wydział Mechaniczny,

Politechnika Lubelska,

ul. Nadbystrzycka 36, 20-616 Lublin

Historia zatrudnienia:

1.10.2003 – 30.09.2009:

Pracownik naukowo dydaktyczny na stanowisku asystenta w Katedrze Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

1.10.2009 – obecnie:

Pracownik naukowo dydaktyczny na stanowisku adiunkta w Katedrze Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

1.4 Przebieg rozwoju zawodowego

Po ukończeniu Technikum Mechanicznego w Biłgoraju w roku 1998 rozpocząłem studia w Politechnice Lubelskiej na specjalności Mechanika i Budowa Maszyn, kierunek dyplomowania Samochody i ciągniki które ukończyłem w 2003 r. Moja działalność naukowa rozpoczęła się na ostatnim roku studiów magisterskich kiedy to podjąłem się badań taboru MPK w Lublinie pod kątem analiz spalin autobusów. Dnia 1 października 2003 zostałem zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Mechaniki Stosowanej Politechniki Lubelskiej. Wówczas rozpocząłem prace pod kierunkiem prof. Grzegorza Litaka nad szeroko rozumianymi układami nieliniowymi. Swoją wiedzę poszerzałem w kierunku modelowania oraz analiz układów z niesymetrycznym potencjałem. W kolejnych latach dominującym przedmiotem badań była analiza drgań zawieszenia samochodu. Zajmowałem się wówczas modelowaniem analitycznym i numerycznym układu „ćwiartki samochodu” wymuszonym kinematycznie od nierówności drogi. Badania te zawarłem w rozprawie doktorskiej gdzie oceniałem wpływ na pojazd granicznych wartości amplitud wymuszeń kinematycznych w obrębie których mogą się pojawiać drgania chaotyczne. W modelach zakładałem charakterystyki sił sprężystości i tłumienia jako nieliniowe. Rozpatrywałem problem symetrycznego potencjału z podwójną studnią oraz jego asymetrię wynikającą z uwzględnienia członu grawitacyjnego. Wyniki uzyskane metodami analitycznymi weryfikowałem analizą numeryczną poprzez symulacje prowadzone na własnych programach pisanych w środowisku Fortran i Matlab. Badałem analitycznie i numerycznie zjawisko rezonansu przy nieliniowości trzeciego stopnia sił sprężystości i tłumienia modelu „ćwiartki samochodu”. Za pomocą metody Mielnikowa analizowałem przejścia rozpatrywanych układów do ruchu chaotycznego. Badałem także wpływ komponentu szumowego wymuszenia kinematycznego, który stanowił dodatkowe wymuszenie losowe od nawierzchni jezdni. Uzyskane wyniki weryfikowałem podczas badań doświadczalnych prowadzonych na samochodzie dostawczym

Intrall w ramach współpracy z Fabryką Samochodów Intrall Lublin. Badania te polegały na rejestrowaniu sygnałów przyspieszeń na amortyzatorach przedniego zawieszenia pojazdu podczas jazdy na różnych nawierzchniach; asfalcie, kostce brukowej oraz przejazdach przez tory kolejowe. Dane z pomiarów obrabiałem stosując transformaty Fouriera, nieciągłą transformatę falkową oraz metodę entropii wieloskalowej.

Podsumowując, przed uzyskaniem stopnia doktora uczestniczyłem w badaniach naukowych, których efektem były 23 współautorskie prace opublikowane w renomowanych międzynarodowych czasopismach w tym 17 w periodykach umieszczonych na liście Journal Citation Reports. Prace te obejmowały analizy teoretyczne, numeryczne oraz badania doświadczalne układów nieliniowych o jednym oraz wielu stopniach swobody. Listę powyższych publikacji wyszczególniłem w załączniku nr 6. Moja praca naukowa realizowana była w macierzystej jednostce oraz podczas krótkoterminowych staży w kilku zagranicznych ośrodkach naukowych m.in. w Dreźnie, Wiedniu, Swansea, Trieście, Anconie oraz Londynie. Współpraca ta była efektem mojego uczestnictwa w kilku projektach naukowych wyszczególnionych w rozdziale 3. Wypracowywane systematycznie wyniki badań prezentowałem na licznych międzynarodowych konferencjach naukowych, uczestnicząc w 10 takich wydarzeniach w latach 2005 – 2008 oraz w kolejnych 11 po uzyskaniu stopnia doktora. Ponadto moją pracę naukowo – popularyzatorską realizowałem jako członek towarzystw naukowych: Komisji XV Nauk Nieliniowych Oddział PAN w Lublinie oraz Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej (PTMTiS). Moja działalność naukowa i organizacyjna była kilkakrotnie wyróżniana Nagrodami Rektora Politechniki Lubelskiej kolejno w latach 2007, 2008, 2013, 2014, 2015 oraz 2016.

2. Opis osiągnięcia naukowego

Moje osiągnięcie naukowe 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.) stanowi cykl 12 publikacji w których badałem układy mechaniczne w kontekście odzyskiwania energii elektrycznej z zastosowaniem materiałów piezoelektrycznych, układów magnetoelektrycznych oraz układów o własnościach magnetostrykcyjnych.

2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Tematyczny cykl publikacji składający się na moje osiągnięcie naukowe zatytułowałem „*Odzyskiwanie energii elektrycznej w układach generujących drgania mechaniczne*”. Do listy publikacji wchodzących w skład cyklu przedstawionej w pp. 2.2 podany jest Impact Factor z roku wydania publikacji (lub ostatniego, jeżeli niedostępny) na dzień 14.10.2016 r.

2.2. Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa.

1. **M. Borowiec**, „*Energy harvesting of cantilever beam system with linear and nonlinear piezoelectric model*”, **The European Physical Journal Special Topics**, 224, p. 2771 – 2785, DOI 10.1140/epjst/e2015-02588-2, (2015) (IF = 1,417). – udział własny autora 100%

W pracy badałem układ odzyskujący energię elektryczną z drgań mechanicznych składający się z pionowej belki wyposażonej w materiał aktywny jako warstwy piezo-

elektryczne. Na opracowanym modelu wykonałem szczegółowe pomiary numeryczne układu w obszarze pierwszego rezonansu, przy pobudzaniu periodycznym oraz szumowym o zmiennym natężeniu. Celem badań było oszacowanie efektywności odzyskiwania energii z drgań gdy na układ działają siły z uwzględnieniem zakłóceń szumem Gaussa. Szum zaimplementowałem do członu pobudzania jako fazę funkcji harmonicznego pobudzania oraz jako tzw. stochastyczny komponent addytywny. Efektywność odzyskiwania energii elektrycznej przebadalem dla dwóch stanów równowagi, operując parametrem masy skupionej dołączonej do układu. Wówczas układ w trakcie pracy doznawał przeskoków między studniami potencjału. Dawało to możliwość oceny efektywności układu podczas zmiennych stanów równowagi. Poza tym oceniałem efektywność odzyskiwania energii ze względu na nieliniowość występującą w modelu podukładu elektrycznego – elementu piezo. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłem że znaczący wpływ na efektywność w odzyskiwaniu energii mają stochastyczne człony addytywne, jak również wprowadzone nieliniowości w modelu piezo.

2. **M. Borowiec**, G. Litak, M.I. Friswell, S. Adhikari, „*Energy Harvesting in a Nonlinear Cantilever Piezoelectric Beam System Excited by Random Vertical Vibrations*”, **International Journal of Structural Stability and Dynamics** vol. 14, No. 8, 1440018, DOI: 10.1142/S0219455414400185, (2014) (IF = 0,764). – udział własny autora 70%

W pracy tej opracowałem analitycznie model oraz wykonałem symulacje numeryczne układu mechanicznego wymuszanego w kierunku pionowym, który charakteryzuje się zmienną dynamiką ze względu na zaadoptowaną masę skupioną. Do celów badawczych modelowałem elementy płytek piezoelektrycznych oraz podukłady odzyskujące energię elektryczną bazujące na efekcie indukcji elektromagnetycznej. W modelu tym badałem wpływ wymuszenia na odpowiedź układu, zaburzanego komponentem szumowym o zmiennej intensywności. Analizowałem zmiany efektywności transformacji energii w pobliżu częstotliwości rezonansowych ze względu na przyjęty zakres wejściowych parametrów pobudzania. Podczas pracy układu z częstotliwościami rezonansowymi obserwowany był efekt przeskoków pomiędzy studniami potencjałów. Na podstawie badań zauważyłem że działanie układu w takich warunkach wykazuje pomijalnie mały wpływ na zmianę efektywności odzyskiwanej energii elektrycznej.

3. **M. Borowiec**, G. Litak, M. I. Friswell, S. F. Ali, S. Adhikari, A.W. Lees, O. Bilgen, „*Energy harvesting in piezoelectric systems driven by random excitations*”, **International Journal of Structural Stability and Dynamics** vol. 13, No. 7, 1340006, DOI: 10.1142/S0219455413400063, (2013) (IF = 1,059). – udział własny autora 50%

W pracy tej, podobnie jak w ww. pozycji 2, dokonałem wyprowadzeń analitycznych równania różniczkowego ruchu modelu oraz po zbudowaniu modelu numerycznego przeprowadziłem serię symulacji. Różnicę względem pracy nr 2 stanowiło pobudzenie układu w kierunku horyzontalnym. W modelu tym badałem wpływ wymuszeń stochastycznych na odpowiedź układu wprowadzając szum o rozkładzie normalnym oraz o rozkładzie jednorodnym. Podczas badań zaobserwowałem wpływ szumu na pojawianie

się tzw. zjawiska rezonansu stochastycznego. Wówczas odpowiedź pracującego układu charakteryzowała się względnie wysoką nieprzewidywalnością. Pojawiały się różne rozwiązania pomimo zadawania uśrednionych 10-krotnych realizacji szumu na wymuszeniu. Przeprowadzone serie symulacji ujawniły istnienie wielu atraktorów badanego układu.

4. **M. Borowiec**, G. Litak, A. Rysak, P.D. Mitcheson, T.T. Toh, „*Dynamic Response of a Pendulum-Driven Energy Harvester in the Presence of Noise*”, **Journal of Physics: Conference Series 476, 012038, PowerMEMS 2013**, (2013). – **udział własny autora 50%**

W pracy tej opracowałem model analityczny: równanie różniczkowe ruchu oraz na podstawie równań zbudowałem model numeryczny w środowisku Matlab. W przygotowanym modelu wykonałem numeryczną analizę układu napędzanego od siły grawitacji, odzyskującego energię elektryczną za pomocą wbudowanych generatorów prądu stałego. Działanie układu symulowałem za pomocą pobudzania sygnałami harmonicznym oraz stochastycznym – sygnałem Gaussa. W pracy wykazałem, że odzysk energii elektrycznej z drgań mechanicznych podczas pobudzania sygnałem stochastycznym jest nieznacznie większy w porównaniu do wyników uzyskanych podczas wymuszeń sygnałem deterministycznym.

5. **M. Borowiec**, A. Syta, „*Modelling of energy harvesting system from vertically excited magnetostrictive beam*”, **Applied Mechanics and Materials**, ISSN: 1662-7482, Vol. 844, p. 128 – 137, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.844.128, (2016). – **udział własny autora 90%**

Powyższa praca dotyczy obecnie realizowanego projektu. Podjąłem się w niej badań nad alternatywnymi materiałami do odzyskiwania energii, w których zachodzi zjawisko magnetostrykcji oraz piezomagnetyzmu. Są to właściwości materiałów magnetycznych, w których zmiana liniowych wymiarów zachodzi pod wpływem zmian namagnesowania. Dzieje się tak na skutek magnetycznego sprzężenia momentu spinowego i orbitalnego elektronów. Jeżeli na materiał działa zewnętrzne pole magnetyczne, wówczas moment spinowy podąża za kierunkiem działania tego pola, ciągnąc w tym samym kierunku wektor momentu orbitalnego. Wektor ten jest sprzężony z siecią krystaliczną, toteż napotyka duży opór materiału. Podczas gdy działające pole magnetyczne jest dostatecznie duże, wówczas pojawia się odkształcanie sieci zw. magnetostrykcją. W skali makro w materiale magnetostrykcyjnym na skutek drgań wywoływane są naprężenia, w następstwie czego generuje się zmienne pole magnetyczne. Wówczas w cewkach pomiarowych otaczających materiał magnetostrykcyjny dochodzi do generowania zmiennego napięcia elektrycznego. Zaletami materiałów magnetostrykcyjnych względem materiałów piezoelektrycznych są mała impedancja, brak zjawiska depolaryzacji i możliwość bezkontaktowego dostarczania energii. W odróżnieniu od materiałów tradycyjnych ich czas odpowiedzi na sygnał magnetyczny jest bardzo krótki, rzędu sekundy. W materiałach tych można także zaobserwować użyteczne zjawisko zmiany modułu Younga, proporcjonalnie do zmiany pola magnetycznego. Efekt ten można będzie wykorzystać przy zmianie właściwości mechanicznych materiału na potrzeby określonych

warunków jego pracy. W pracy skupiłem się nad zamodelowaniem układu belki o własnościach magnetostrykcyjnych, który zostanie wykorzystany do dalszych analiz numerycznych w ramach obecnie realizowanego projektu.

6. **M. Borowiec**, G. Litak, S. Lenci, „*Basins of attraction in a simple harvesting system with a stopper*”, **Nonlinear Systems and Complexity**, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, DOI 10.1007/978-3-319-01411-1, (2014). – **udział własny autora 80%**

W pracy zaprojektowałem układ do odzyskiwania energii, jako mechaniczny rezonator pracujący w warunkach ograniczonej możliwości ruchu. Oddziaływanie mechanicznych stoperów okazało się mieć korzystny wpływ na efektywność odzyskiwania energii z układu za sprawą znacząco poszerzonych charakterystyk amplitudowo – częstotliwościowych w obszarze rezonansu. Tym samym sygnał napięciowy wykazywał względnie wysokie wartości w trakcie rosnącej częstotliwości pobudzenia układu. Zachowanie modelu doznawało różnych rozwiązań ze względu na zmianę sukcesywnie rosnącej bądź malejącej częstotliwości pobudzenia. W artykule przeanalizowałem także wpływ warunków początkowych na prace układu, co wpływało na efektywność odzyskiwania energii. Zaobserwowałem że warunki początkowe równie istotnie wpływają na pracę układu, jak pobudzenie przy rosnącej i malejącej częstotliwości. Podczas badań zaobserwowałem przechodzenie układu w stan intermitencji, tj. przełączania się między dwoma różnymi stanami jego pracy. Efekt taki powodował istotnie zmiany w poziomie monitorowanych sygnałów napięciowych.

7. **M. Borowiec**, G. Litak, S. Lenci, „*Noise Effected Energy Harvesting in a Beam with Stopper*”, **International Journal of Structural Stability and Dynamics vol. 14**, No. 8, 1440020, DOI: 10.1142/S0219455414400203, (2014) (**IF = 0,764**). – **udział własny autora 80%**

W artykule przygotowałem koncepcję pracy modelu belki o zmiennej sztywności, jako kontynuację modelu omawianego w pracy nr 6. Wyprowadziłem równania różniczkowe ruchu i na ich podstawie opracowałem model numeryczny w środowisku Matlab. Przeprowadziłem serie symulacji z warunkami wpływającymi na charakterystykę sztywności układu za sprawą zastosowanych mechanicznych stoperów drgań belki. Podczas ich pracy zaobserwowałem pozytywny efekt poszerzenia charakterystyk amplitudowo – częstotliwościowych w obrębie których generowane napięcie skuteczne RMS z wielokrotnością swoją wartość podnosząc tym samym efektywność odzyskiwania energii z układu. Analizy numeryczne przeprowadziłem dla pobudzenia deterministycznego oraz z uwzględnieniem zaburzeń stochastycznych o zmiennym natężeniu. Wpływ funkcji stochastycznej drastycznie zmieniał pozytywny efekty poszerzenia obszaru rezonansowego za sprawą mechanicznych stoperów. Jednocześnie na poszerzonych charakterystykach amplitud wartości napięcia RMS zaobserwowałem tzw. efekt intermitencji czyli przełączania się układu między różnymi stanami pracy. Za sprawą zmiennych warunków początkowych, układ doznawał wielokrotnych rozwiązań, które pośrednio wpływały na efektywność odzyskiwania energii.

8. **M. Borowiec**, M. Bocheński, J. Gawryluk, M. Augustyniak, „*Analysis of the Macro Fiber Composite Characteristics for Energy Harvesting Efficiency*”, **Dynamical Systems: Theoretical and Experimental Analysis** vol. 182 of the series Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, DOI 10.1007/978-3-319-42408-8, p. 27 – 37, [Red:] Jan Awerjcewicz – Łódź, Poland (2016). – **udział własny autora 45%**

W pracy wykonałem serię badań eksperymentalnych układu do odzyskiwania energii składającego się z aktywnego elementu piezo MFC (Micro-Fiber-Composite) zamontowanym na belce kompozytowej umocowanej jednostronnie na wzbudniku. Głównym moim celem w eksperymencie była optymalizacja rezystancji odbiornika za pomocą którego, obciążony element piezoelektryczny wytwarzał możliwie największą moc elektryczną. W badaniach obserwowałem też wpływ obciążanego elementu piezoelektrycznego na odpowiedź dynamiczną belki kompozytowej. Praca mechaniczna części układu odbywała się w pobliżu dwóch pierwszych postaci drgań giętych kompozytu pod wpływem dwóch poziomów wymuszeń. Badania uzupełniłem o wyniki z symulacji numerycznych przeprowadzonych na modelu zbudowanym w środowisku Abaqus, weryfikując zgodność opracowanego modelu MES z eksperymentem.

9. **M. Borowiec**, A. Rysak, D.N. Betts, C.R. Bowen, H.A. Kim, G. Litak, „*Complex response of a bistable laminated plate: Multiscale entropy analysis*”, **The European Physical Journal Plus**, 129: 211 DOI 10.1140/epjp/i2014-14211-3, (2014) (IF = 1,377). – **udział własny autora 45%**

W pracy tej przebadana została dynamika płyty bistabilnej dla której zidentyfikowano trzy charakterystyczne stany jej pracy: drgania w obrębie jednej studni potencjału (zw. single well oscillation), drgania podczas których pojawiały się przeskoki między dwoma stabilnymi położeniami (zw. repeatable snap-through) oraz drgania chaotyczne. Podczas badania dynamiki płyty, oceniano efektywność odzyskiwania energii z elementu aktywnego piezo MFC, naklejonego w centralnym położeniu płyty. Badania eksperymentalne wykonano w Uniwersytecie w Bath w ramach międzyuczelnianej współpracy. Mój wkład w tej pracy polegał m.in. na wypracowywaniu i interpretacji wyników oraz na wykonaniu analiz uzyskanych sygnałów z pomiarów za pomocą entropii wieloskalowej, gdyż metoda ta stanowi ciekawą miarę w ocenie złożoności układów. Analizując dowolny sygnał, entropia charakteryzuje wzmocnienie informacji i jest miarą nieporządku lub niepewności. Metodę tę szczegółowo opisałem w podręcznikach pt. „*Numerical modeling of mechanical systems*” oraz „*Metody komputerowe w Mechanice*”.

W pracy tej (nr 9) wykorzystując wspomnianą metodę analizy, badałem poziom uporządkowania (regularność serii czasowych), określając tym samym charakter pracy płyty dla trzech jej charakterystycznych stanów z potencjalnym wykorzystaniem tego typu drgań do odzyskiwania energii.

10. G. Litak, **M. Borowiec**, M.I. Friswell, S. Adhikari, „*Energy Harvesting in a Magnetopiezoelectric System Driven by Random Excitations with Uniform and Gaussian Distributions*”, **Journal of Theoretical and Applied Mechanics** 49, 3, p. 757 – 764 (2011) (IF = 0,283). – **udział własny autora 70%**

W pracy tej wykonałem badania numeryczne na zbudowanym przeze mnie modelu odzyskiwania energii, który składał się z układu belki i elementu piezo-magnetycznego. Układ ten charakteryzował się potencjałem o dwóch studniach. Implementując warunki pracy od pobudzania losowego, porównywałem odpowiedzi układu przy różnej realizacji szumu, o rozkładzie jednorodnym i normalnym (Gaussowskim). Na podstawie wyników zaobserwowałem pewne różnice w obszarach niskiej i wysokiej intensywności szumu. Bardziej zauważalna różnica została dostrzeżona w obszarze pośrednim szumu, tuż powyżej przejścia z oscylacji w pojedynczej studni potencjału do oscylacji w dwóch sprzężonych studniach. Zmiany pracy układu w tym obszarze sygnalizują, że obszar przejść pomiędzy takimi typami rozwiązań jest szerszy przy pobudzaniu szumem o rozkładzie jednorodnym. Natomiast układ pobudzany szumem o rozkładzie normalnym wyraźnie wykazuje tendencje do pracy w zakresie jednego z typów rozwiązań. W rezultacie przy szumie Gaussowskim układ dąży do ruchu w obrębie tylko jednej lub dwóch studni potencjału, podczas gdy w obecności szumu jednorodnego, w zachowaniu układu pojawia się zjawisko intermitencji w realizacji dwóch rozwiązań. W pracy omawiałem wpływ rodzaju i intensywność pobudzeń szumem na dynamiczną odpowiedź układu oraz wpływ efektu intermitencji na efektywność odzyskiwania energii z drgań mechanicznych.

11. G. Litak, A. Rysak, **M. Borowiec**, M. Scheffler, J. Gier, „*Vertical beam modal response in a broadband energy harvester*”, **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K-Journal of Multi-body Dynamics**, pages 19, doi: 10.1177/1464419316633565, (2016) (IF = 1,000). – udział własny autora 50%

W pracy przedstawione są wyniki badań eksperymentalnych oraz analiza modalna układu do odzyskiwania energii elektrycznej. Układ składał się z belki kompozytowej z naklejonymi warstwami piezoelektrycznymi, którą zamontowano w pozycji pionowej natomiast pobudzano w kierunku horyzontalnym. Do układu wprowadzono dodatkową masę na końcu belki z możliwością jej przemieszczania w uchwycie. Ruch tej masy w obrębie zadanego luzu miał wpływ na dynamikę pracy belki, zmieniając charakterystyki drgań. Uzyskanym efektem było poszerzenie zakresu częstotliwości pracy układu szczególnie w pobliżu obszarów rezonansowych, gdzie efektywność odzyskiwania energii z elementów piezo utrzymywała się na względnie wysokim poziomie. Ponad to przeprowadziłem numeryczną analizę wpływu impulsowych (od uderzeń) oddziaływań dodatkowej masy na zmianę częstotliwości drgań własnych belki. Głównym osiągnięciem naukowym tej pracy jest opracowanie i analiza układu do odzyskiwania energii z wykorzystaniem nieliniowych efektów od dołączonej masy na końcu belki. Wpływ takiej masy jest zmienny w czasie, wprowadza do układu okresowo działające siły tarcia (masa – uchwyt), uderzenia oraz utraty kontaktu z układem podstawowym między uderzeniami.

12. K. Kęćik, **M. Borowiec**, „*An autoparametric energy harvester*”, **The European Physical Journal Special Topics**, 222, p. 1597 – 1605, DOI 10.1140/epjst/e2013-01948-2 (2013) (IF=1,760). – udział własny autora 10%

Mój udział w przedstawionej pracy sprowadzał się do dyskusji nad budową modelu numerycznego szczególnie podukładu elektrycznego, podłączonego do układu podstawowego wahadła o dwóch stopniach swobody oraz do częściowej interpretacji wyników.

2.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Zjawisko drgań ma miejsce w wielu układach mechanicznych. Drgania te są często niepożądane, co pociąga za sobą potrzebę ich eliminacji bądź ograniczanie ich niekorzystnego wpływu. Przy tłumieniu niekorzystnego zjawiska drgań, pojawia się możliwość praktycznego wykorzystania traconej energii mechanicznej. Celem ww. prac było przeprowadzenie badań z wykorzystaniem materiałów piezoelektrycznych jak również w realizowanym przeze mnie projekcie, materiałów o własnościach magnetostrykcyjnych. Obecnie szerokie zainteresowanie w nauce stanowią układy do odzyskiwania energii w różnego rodzaju urządzeniach. Jest to korzystne często tam, gdzie istnieje potrzeba montażu małych, przenośnych urządzeń pomiarowych, lub różnych czujników pracujących z dala od źródła zasilania. Wówczas do poboru energii elektrycznej zbędne są przewody oraz baterie, których żywotność jest ograniczona. Do odzyskiwania energii z drgań mechanicznych często stosuje się przetworniki piezoelektryczne. Działają one na zasadzie oddziaływania naprężenia mechanicznego wywieranego na kryształ jonowy powodując zmianę orientacji dipoli elektrycznych. W efekcie wytwarza się pole elektryczne z różnicą napięć proporcjonalną do wywieranej siły nacisku mechanicznego. Słabym punktem takich układów są wysoka ale skończona impedancja na wyjściu i w związku z tym straty ładowania prądu poprzez występujące zjawisko depolaryzacji. Pewnym ograniczeniem jest także wąski zakres pracy takich klasycznych (liniowych) urządzeń ze względu na częstotliwości pobudzania. Oczekiwana efektywność występuje jedynie w obszarze rezonansu. Niestety praca samego rezonatora mechanicznego przy zmieniającym się pobudzaniu nie jest optymalna. Toteż celem badań były analizy układów szeroko-pasmowych w częstościach pobudzania co daje większe możliwości aplikacyjne przy zachowaniu maksymalnego poziomu odzyskiwania energii. Efekt poszerzonego pasma wprowadzałem uwzględniając nieliniowości w równaniach różniczkowych ruchu badanych modeli belek, modelując dodatkowe masy skupione, ograniczając ruch belek za pomocą stoperów. Wówczas praca układów odbywała się przy zmiennej sztywności. Podczas zastosowania ograniczników drgań belek, zaobserwowałem korzystny ze względu na odzyskiwanie energii efekt poszerzenia charakterystyk amplitudowo – częstotliwościowych generowanego napięcia skutecznego. Ponadto pracowałem nad układami belek z zamontowanymi elementami piezo oraz masą skupioną przy różnej konfiguracji pobudzania. Ze względu na zmienną masę skupioną oraz wprowadzane zaburzenia harmonicznej funkcji wymuszającej, obserwowałem zmiany w pracy układu belki wspornikowej które skutkowały pozytywnym wzrostem efektywności w odzyskiwaniu energii elektrycznej. W otoczeniu można obserwować wiele zjawisk, gdzie oddziaływanie między układami nie jest czysto periodyczne, lecz zawiera komponenty stochastyczne. W przedstawionych pracach, sporo uwagi skupiłem na analizie drgań układów zakłócanych szumem Gaussa oraz szumem o rozkładzie jednorodnym. Szum jest często istotnym czynnikiem, gdyż ma wpływ na zniekształcenie sygnału wyjściowego oraz może powodować zmianę postaci drgań układu, jeżeli układ pracuje w

obszarze tzw. rezonansu stochastycznego. Przeto efektywność pracy układów nieliniowych przebadalem w obszarach rezonansowych przy różnego rodzaju pobudzeniu zewnętrznym z uwzględnieniem komponentu szumowego. Podczas badań zaobserwowałem że istnieje możliwość osiągania pożądanej efektywności układów w odzyskiwaniu energii poprzez sterowanie natężeniem szumu, osłabiając bądź wzmacniając sygnał. Analiz dokonałem na modelach belek pobudzanych w kierunkach horyzontalnym oraz pionowym alby móc dogłębnie ocenić wpływ dynamiki pracujących układów na efektywność odzyskiwania energii elektrycznej.

Moim osiągnięciem naukowym są opracowane modele nieliniowe do odzyskiwania energii, oddziałujące na sygnały zawierające komponenty periodyczne, wieloczęstotliwościowe i szumowe. Kolejnym osiągnięciem są opracowane układy szerokopasmowe w częstotliwości wymuszania z wykorzystaniem wpływu nieliniowych efektów od dołączanych mas skupionych mocowanych z luzem. Uważam że zrealizowany przeze mnie cykl prac teoretycznych, numerycznych oraz doświadczalnych w zakresie układów do odzyskiwania energii stanowi istotny wkład w rozwój badań nad dynamiką takich układów w szczególności pracujących w otoczeniu generującym drgania stochastyczne. Uzyskane wyniki mojego osiągnięcia naukowego mogą być pomocne w analizie bardziej złożonych układów o ciągłym rozkładzie masy z uwzględnieniem wielu stopni swobody oraz przy projektowaniu i/lub dostrajaniu do częstotliwości rezonansowych małych harwesterów, których środowiskiem pracy są sygnały o charakterze losowym.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

W ramach pozostałych zrealizowanych prac po obronie doktoratu można wyszczególnić kontynuację badań nad modelem „ćwiartki samochodu”, w tym analizę dynamiki nieliniowego modelu o dwóch stopniach swobody na zmienne warunki otoczenia. Badanie warunków sprzyjających zjawisku przeskoków między rozwiązaniami regularnymi i chaotycznymi. Ocena złożoności sygnałów za pomocą wykresów rekurencyjnych, metody entropii wieloskalowej, nieciągłej transformaty falkowej oraz klasycznych metod statystycznych. Poza tym zajmowałem się modelowaniem oraz analizą numeryczną układów bistabilnych w obszarze rezonansu stochastycznego, opisanych za pomocą pochodnych rzędu niecałkowitego, zw. pochodnymi frakcjonalnymi. Wyniki z powyższych badań prezentowałem na licznych konferencjach międzynarodowych oraz na ich podstawie powstały 3 współautorskie prace opublikowane w periodykach z listy Journal Citation Reports:

1. **M. Borowiec**, J. Hunicz, A.K. Sen, G. Litak, G. Koszałka, A. Niewczas, „*Vibration of a Vehicle Excited by Real Road Profiles*”, **Forschung im Ingenieurwesen** 74, p. 99 – 109 (2010) (IF = 0,348). – udział własny autora 60%
2. **M. Borowiec**, G. Litak, „*Transition to chaos and escape phenomenon in two degrees of freedom oscillator with a kinematic excitation*”, **Nonlinear Dynamics** 70, p. 1125 – 1133 DOI 10.1007/s11071-012-0518-8 (2012) (IF = 3,009). – udział własny autora 50%
3. G. Litak, **M. Borowiec**, „*On simulation of a bistable system with fractional damping in the presence of stochastic coherence resonance*”, **Nonlinear Dynamics** 77, p. 681 – 686 DOI 10.1007/s11071-014-1330-4 (2014) (IF = 2,849). – udział własny autora 40%

W ramach projektu AERONET – Dolina Lotnicza: „*Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym*” jako wykonawca czynnie uczestniczyłem w pracach

zespołu realizującego badania w ramach zadania ZB1 – „Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych”. W projekcie tym pracowałem nad analizą rzeczywistych sygnałów uzyskanych podczas procesów obróbki skrawania materiałów trudnoobrabialnych, stopów żarostojkich i kwasoodpornych oraz kompozytów. Celem badań było uzyskanie możliwie wysokiej efektywności obróbki przy równie wysokiej jakości obrabianych powierzchni. Wyniki prezentowałem na międzynarodowej konferencji w Paryżu oraz opublikowałem we współautorskich pracach w międzynarodowych periodykach z listy JCR:

4. R. Rusinek, **M. Borowiec**, „*Stability analysis of titanium alloy milling by multiscale entropy and Hurst exponent*”, **The European Physical Journal Plus**, 130: 194, DOI 10.1140/epjp/i2015-15194-1 (2015) (IF = 1,521). – udział własny autora 50%
5. K. Kecik, **M. Borowiec**, R. Rusinek, „*Verification of the stability lobes of Inconel 718 milling by recurrence plot applications and composite multiscale entropy analysis*”, **The European Physical Journal Plus**, 131: 14, DOI 10.1140/epjp/i2016-16014-x (2016) (IF=1,521). – udział własny autora 30%

Pozostałe współautorskie artykuły nie wykazane w punkcie 2, które dotyczą badań z odzyskiwania energii z drgań w układach mechanicznych to:

6. C.A. Kitio Kwuimy, G. Litak, **M. Borowiec**, C. Nataraj, „*Performance of a piezoelectric energy harvester driven by air flow*”, **Applied Physics Letters** 100, 024103, doi:10.1063/1.3676272, (2012) (IF = 3,794). – udział własny autora 40%

W pracy nr 6 przygotowałem analityczny i numeryczny model oscylatora Duffinga o podwójnej studni potencjału. Opracowałem wyniki w postaci wariacji napięcia wyjściowego, przebiegi czasowe oraz portrety fazowe dla zmiennych parametrów wejściowych układu. Współpracowałem przy interpretacji wyników.

7. G. Litak, M.I. Friswell, C.A. Kitio Kwuimy, S. Adhikari, **M. Borowiec**, „*Energy harvesting by two magnetopiezoelectric oscillators with mistuning*”, **Theoretical & Applied Mechanics Letters** 2, 043009, doi:10.1063/2.1204309, (2012). – udział własny autora 30%

W pracy nr 7 wykonałem częściowe symulacje numerycznego modelu podwójnego harvestera. Badałem zachowanie się układu dla zmiennych parametrów, przedstawiając w pracy wykresy bifurkacyjne. Poza tym uczestniczyłem w interpretacji końcowych wyników.

8. **M. Borowiec**, „*Energy harvesting in a nonlinear cantilever beam system excited by harmonic and random vibrations*”, **Proceedings of the 16th International Conference on Mechatronics – Mechatronika 2014**, p. 194 – 202, Brno, Czech Republic (2014). – udział własny autora 100%

W pracy nr 8 przeprowadziłem wstępne analizy numeryczne układu odzyskiwania energii zamodelowanego jako pionowa belka z elementami piezo. Układ pobudzałem sygnałem periodycznym z uwzględnieniem wpływu szumów o zmiennej intensywności. Opisałem także dynamikę pracy harvestera w ze względu na pojawiające się przeskoki między dwoma stanami równowagi belki.

9. A. Rysak, M. Muller, **M. Borowiec**, J. Zubrzycki, G. Litak, A. Godlewska-Lach, V. Wittstock, „*Broadband Concept of Energy Harvesting in Beam Vibrating Systems for Powering Sensors*”, **Advances in Science and Technology Research Journal** vol. 8 No. 23, DOI: 10.12913/22998624.1120324, (2014). – **udział własny autora 25%**

W pracy nr 9 opracowałem koncepcję modelu odzyskiwania energii w postaci poziomej belki pobudzanej w warunkach laboratoryjnych. Wykonałem schematy modeli pracujących w obrębie mechanicznych stoperów ruchu. Uczestniczyłem w testach laboratoryjnych oraz interpretowałem uzyskane wyniki z pomiarów.

10. **M. Borowiec**, M. Bocheński, M. Augustyniak, „*Optimization of the MFC – composite beam energy harvester*”, **Przegląd Elektrotechniczny**, doi:10.15199/48.2016.08.05, (2016). – **udział własny autora 60%**

W pracy nr 10 opracowałem koncepcję pomiarów laboratoryjnych. Przygotowałem układ do badań oraz stanowisko pomiarowe w laboratorium. Wykonałem wszystkie pomiary z odzyskiwania energii elektrycznej układu oraz zinterpretowałem wyniki uzyskane w doświadczeniu.

11. A. Syta, G. Litak, M.I. Friswell, M. Borowiec, „*Multiple solutions and corresponding power output of nonlinear piezoelectric energy harvester*”, *Dynamical Systems: Theoretical and Experimental Analysis*: [Red:] Jan Awrejcewicz – Łódź, Poland 2015; Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. – **udział własny szacuję na 10%**

W pracy nr 11 mój wkład polegał na interpretacji uzyskanych wyników.

➤ **Sumaryczny impact factor publikacji naukowych wg listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania**

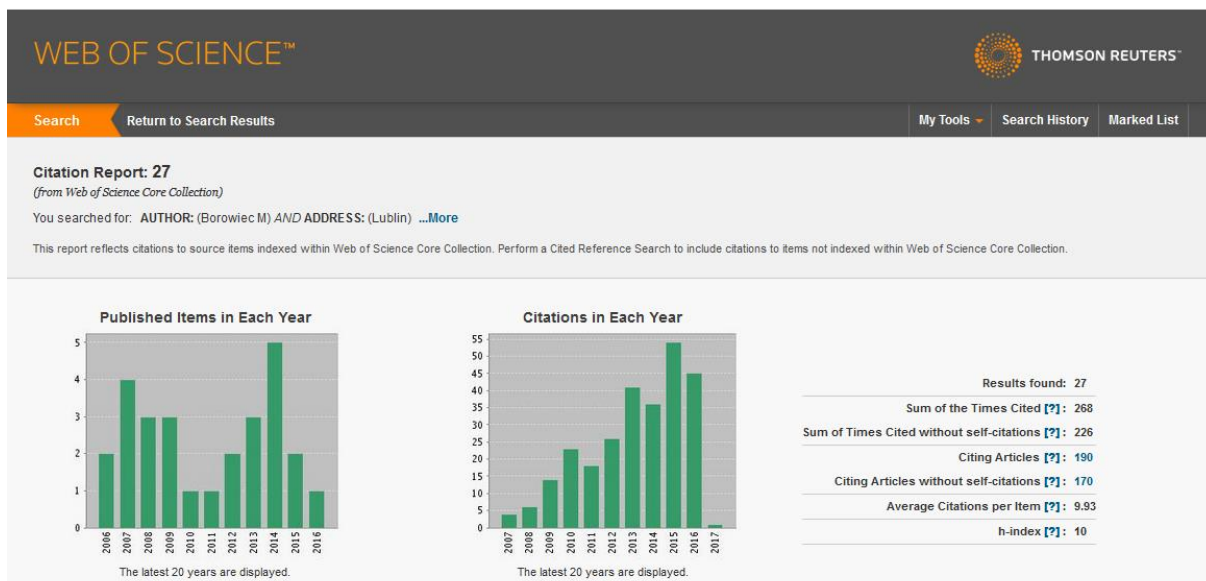
- Σ IF = 42,831 – publikacje z całego dorobku naukowego.
- Σ IF = 21,466 – prace opublikowane po obronie doktoratu.

➤ **Liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Science (WoS)**

- Cytowania publikacji z całego dorobku naukowego: **268**
oraz wykluczając samocytowania: **226**.
- Cytowania prac opublikowanych po obronie doktoratu: **104**
oraz wykluczając samocytowania: **86**.

➤ **Indeks Hirscha opublikowanych publikacji wg bazy Web of Science (WoS)**

h-indeks = 10.



Rys. 1. Statystyki w portalu Web of Science (14 październik 2016).

- **Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach**
 - **Kierowanie projektem naukowo – badawczym finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu „Sonata 6”. Tytuł projektu: „Pozyskiwanie energii w układach mechanicznych z wykorzystaniem zjawiska magnetostrykcji”. Lata realizacji projektu 2014 – 2017.**
 - Udział jako główny wykonawca w projekcie naukowo – badawczym finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu „Opus”. Tytuł projektu: „Wpływ efektów nieliniowych na pozyskiwanie energii z drgań mechanicznych”. Lata realizacji projektu 2013 – 2016.
 - Udział w projekcie partnerskim „Royal Society Travel Grant” między uczelniami Politechniką Lubelską oraz Imperial College London. Lata realizacji projektu 2013 – 2015.
 - Udział jako wykonawca projektu w 7. programie ramowym CEMCAST: „Centre of Excellence for Modern Composites Applied in Aerospace and Surface Transport Infrastructure”. Lata realizacji projektu 2010 – 2013.
 - Udział jako wykonawca projektu Aeronet – Dolina Lotnicza: „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”. Lata realizacji projektu 2010 – 2013.
 - Udział w projekcie partnerskim „International Joint Project – 2009/R2 of Royal Society: Nonlinear Dynamics of Rotating Machines with Faults” między uczelniami Politechniką Lubelską oraz Uniwersytetu w Swansea. Lata realizacji projektu 2009 – 2011.

- **Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność odpowiednio naukową albo artystyczną**
 - **Nagroda Rektora Politechniki Lubelskiej indywidualna I stopnia** za szczególne osiągnięcia w działalności naukowej w roku akademickim 2006/2007
 - **Dyplom Rektora Politechniki Lubelskiej** za działalność naukową w roku akademickim 2006/2007
 - **Nagroda Rektora Politechniki Lubelskiej zespołowa II stopnia** za szczególne osiągnięcia w działalności naukowej w roku akademickim 2007/2008
 - **Nagroda Rektora Politechniki Lubelskiej zespołowa II stopnia** za szczególne osiągnięcia w działalności naukowej w roku akademickim 2012/2013
 - **Nagroda Rektora Politechniki Lubelskiej zespołowa III** za szczególne osiągnięcia w działalności naukowej w roku akademickim 2014/2015
 - **Nagroda Rektora Politechniki Lubelskiej zespołowa II** za szczególne osiągnięcia w działalności naukowej w roku akademickim 2015/2016

- **Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych**
 - 2016 – USA, Arlington, Virginia: 11th Energy Harvesting Workshop, VirginiaTech
 - 2016 – Czechy, Brno: Workshop in Devices, Materials and Structures for Energy Harvesting
 - 2015 – Polska, Łódź: 13th Conference on Dynamical Systems Theory and Applications DSTA 2015
 - 2015 – Polska, Zakopane: 9th International Conference „New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation”, NEET 2015
 - 2015 – Francja, Paryż: CHAOS 2015 - 8th Chaotic Modeling and Simulation International Conference
 - 2014 – Czechy, Brno: 16th Mechantronica 2014
 - 2013 – Anglia, Londyn: The 13th International Conference on Micro- and Nano-Technology for Power Generation and Energy Conversion Applications
 - 2013 – Włochy, Senigallia: Euromech Colloquium 541: Dynamics and Control of Composites for Smart Engineering Design
 - 2012 – Polska, Lublin: Workshop: Effects on Nonlinearities in Energy Harvesting
 - 2012 – Polska, Lublin: Workshop: Dynamic of Functionally Graded Materials and Systems with Hysteresis
 - 2009 – Polska, Gdańsk: International Congress: Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik
 - 2008 – Polska, Kazimierz Dolny: Euromech Colloquium 498: Nonlinear Dynamics of Composites and Smart Structures
 - 2008 – Niemcy, Brema: International Congress: Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik
 - 2007 – Polska, Warszawa: I Kongres Mechaniki Polskiej
 - 2007 – Polska, Wisła: XLIV Sympozjon PTMTS Modelowanie w Mechanice
 - 2006 – Polska, Lublin: 16th International Workshop on “Computational Mechanics of Materials

- 2006 – Anglia, Bath: International conference: Modern Practice in Stress and Vibration Analysis VI
- 2006 – Niemcy, Berlin: International Congress: Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik
- 2005 – Austria, Wiedeń: Uniwersytet Techniczny w Wiedniu, SeminaRIA w ramach programu ERAZMUS
- 2005 – Szkocja, Aberdeen: . International Conference: Recent Advances In Nonlinear Mechanics
- 2005 – Anglia, Bristol: International Conference: Qualitative Numerical Analysis of High-Dimensional Nonlinear Systems

4. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

W mojej działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej mogę wymienić m.in. opracowywanie programów dydaktycznych do sylabusów na kierunku Transport oraz Mechanika i Budowa Maszyn. Poza tym pracowałem nad instrukcjami do skryptów laboratoryjnych oraz dwóch podręczników wydanych w ramach realizacji projektu „Inżynier z gwarancją jakości – dostosowanie oferty Politechniki Lubelskiej do wymagań europejskiego rynku pracy” (wyszczególnione w pozycji „Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki”). Ponadto od roku 2003 prowadzę regularnie zajęcia z Mechaniki Ogólnej, Mechaniki Technicznej, Wytrzymałość Materiałów w formie wykładów, ćwiczeń oraz zajęć praktycznych w laboratoriach Politechniki Lubelskiej. Uczestniczyłem także w organizowaniu warsztatów naukowych w Politechnice Lubelskiej w ramach spotkań PTMTiS oraz w ramach realizacji projektu naukowo – badawczego, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki „Wpływ efektów nieliniowych na pozyskiwanie energii z drgań mechanicznych”. Poza uczelnią brałem udział w spotkaniach podczas konferencji naukowych, przewodniczyłem sesji tematycznej na międzynarodowej konferencji 16th Mechatronika 2014 w Brnie w Czechach.

➤ **Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych**

brak

➤ **Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji**

- Udział przy organizacji sesji tematycznej na konferencji: „16th International Conference on Mechatronics – Mechatronika 2014”, 3 – 5 grudzień 2014, Brno, Czechy.
- Udział w organizacji konferencji „Dynamics of Nonlinear Materials and Structures in Energy Harvesting”, 12-13 luty 2015, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska. Nadbystrzycka 36, Lublin.
- Współudział w warsztatach organizowanych w ramach 7. Projektu Ramowego CEMCAST: „Workshop on Dynamics of Functionally Graded Materials and Systems with Hysteresis”, 19 Marzec 2012 r. Wydział Budowlany, Politechnika Lubelska. Prezentacja podczas obrad warsztatów własnych wyników badań: „Energy Harvesting in Piezoelectric Systems Driven by Random Excitations”.

- **Otrzymane nagrody i wyróżnienia**
 - **Nagroda zespołowa II stopnia Rektora Politechniki Lubelskiej** za szczególne osiągnięcia w działalności organizacyjnej w roku akademickim 2013/2014

- **Udział w konsorcjach i sieciach badawczych**

Brak

- **Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism**

Brak

- **Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych**
 - Członkostwo w Polskim Towarzystwie Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej od 2004 roku, przynależność do Władz Towarzystwa oddziału Lubelskiego w dwóch kadencjach w latach 2011 – 2014 na stanowisku skarbnika.
 - Członkostwo w Komisji XV Nauk Nieliniowych Oddziału PAN w Lublinie w kadencji 2007 – 2010.

- **Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki**
 - Opracowywanie sylabusów do przedmiotów „Drgania lotniczych zespołów napędowych”, „Mechanika Techniczna”, „Mechanika Ogólna” oraz „Wytrzymałość Materiałów”.
 - Opracowanie rozdziału do podręcznika dla studentów: J. Warmiński, J. Latałski, R. Rusinek, A. Mitura, **M. Borowiec**, „*Metody komputerowe w Mechanice*”, Monografie, Politechnika Lubelska, Lublin 2015.
 - Opracowanie rozdziału do podręcznika dla studentów: J. Warmiński, J. Latałski, R. Rusinek, A. Mitura, **M. Borowiec**, „*Numerical modeling of mechanical systems*” – Podręczniki, Politechnika Lubelska, Lublin 2015.
 - Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych z Drgań Mechanicznych.

- **Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego, z podaniem tytułu rozpraw doktorskich**

Brak

- **Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich**
 - Staż kilkudniowy w Imperial College London, Londyn, Anglia, w ramach projektu *Royal Society Travel Grant*. Okres stażu: 11 – 15 marzec 2014.
 - Staż miesięczny w Polytechnic University of Marche, Ancona, Włochy w ramach 7. programu ramowego *CEMCAST*. Okres stażu: 09 luty – 11 marzec 2013.
 - Staż miesięczny w Polytechnic University of Marche, Ancona, Włochy w ramach 7. programu ramowego *CEMCAST*. Okres stażu: 21 maj – 20 czerwiec 2012.

- Staż tygodniowy w Uniwersytecie w Swansea w Walii w ramach projektu *International Joint Project – 2009/R2 of Royal Society*. Okres stażu: 18 – 25 lipiec 2011.

➤ **Udział w zespołach eksperckich i konkursowych**

Brak

➤ **Recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych**

Lista czasopism, do których recenzowałem prace zamieszczone do publikacji:

- Journal of Intelligent Material Systems and Structures (1 recenzja).
- International Journal of Non-linear Mechanics (1 recenzja).
- Journal of Theoretical and Applied Mechanics (2 recenzje).
- International Journal of Structural Stability and Dynamics (2 recenzje).
- Mechanical Systems and Signal Processing (1 recenzja).
- The European Physical Journal – Special Topics (3 recenzje).
- Advances in Acoustics and Vibration (1 recenzja).
- Journal of Sound and Vibration (2 recenzje).

Lista recenzowanych prac dyplomowych:

- „Przetwarzanie energii drgań Mechanicznych na energię elektryczną w układzie z mechanicznym ogranicznikiem amplitudy drgań”, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.
- „Ocena wpływu głębokości skrawania na charakterystykę siły skrawania na przykładzie frezowania kompozytu metalicznego odlewanego metodą grawitacyjną”, Wydział Mechaniczny. Politechnika Lubelska.
- „Badanie wpływu sztywności błony bębnekowej na drgania strzemiączka”, Wydział Mechaniczny. Politechnika Lubelska.

5. Podsumowanie

Podsumowując moje osiągnięcia naukowo – badawcze chciałbym podkreślić, że w okresie ostatnich siedmiu lat od zakończenia doktoratu, opublikowałem łącznie 23 prace (w tym 2 samodzielne) z czego 14 w czasopismach zagranicznych wyróżnionych w Journal Citation Reports (w tym 1 samodzielna). Prace te stanowią duże zainteresowanie w środowisku naukowym o czym świadczą liczne cytowania oraz uzyskany indeks Hirscha (wykazane na str. 14). Istotne w uzyskaniu takich wskaźników był mój czynny udział w licznych międzynarodowych konferencjach a szczególnie w realizacji 6 projektów naukowo badawczych w tym 3 międzynarodowych oraz jako kierownik w obecnie realizowanym. Współpraca w ramach międzynarodowych projektów zaowocowała odbyciem staży w 4 zagranicznych ośrodkach naukowych. Nawiązałem wówczas kontakty z liczным gronem naukowym w Europie Zachodniej, USA i Azji.

Moja działalność naukowo – badawcza oraz organizacyjna została siedmiokrotnie wyróżniona nagrodami Rektora Politechniki Lubelskiej.