

**3. ZAŁĄCZNIK DO WNIOSKU**

**AUTOREFERAT**  
**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć**  
**naukowych, w szczególności określonych**  
**w art. 16 ust. 2 ustawy**  
(w języku polskim w formie papierowej)  
(w formie elektronicznej jako plik:"**hab-3.pol.pdf**")

**Michał Opala**  
**Politechnika Warszawska, Wydział Transportu**

**Warszawa, 1.02.2018**

## 1. Imię i Nazwisko

Michał Opala

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej

- stopień doktora nauk technicznych, uzyskany na Wydziale Transportu PW, Warszawa, styczeń 2007 r. (nadanie stopnia), grudzień 2006 r. (złożenie rozprawy), tytuł rozprawy: „Symulacyjna metoda oceny bezpieczeństwa ruchu wagonów towarowych o zwiększonej sile nacisku na oś”, promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Chudzikiewicz.
- tytuł magistra inżyniera, uzyskany na Wydziale Transportu PW, Warszawa 2001 r.

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- Od marca 2007 zatrudnienie na stanowisku adiunkta, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa,
- 2001 – 2007 zatrudnienie na stanowisku asystenta. Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa.

## 4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. 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:

Moim osiągnięciem naukowym, uzyskanym po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych, stanowiącym istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Transport określonym w art. 16. ust. 2 obowiązującej ustawy, jest jednotematyczny cykl publikacji pt. „Badanie i ocena bezpieczeństwa czynnego pojazdów szynowych”.

Publikacje przedstawione w **punkcie 4b autoreferatu**, zamieszczone zostały w **załączniku 7** - jako pliki "**hab-7.1.pdf ÷ hab-7.7.pdf**"

Publikacje przedstawione w **punkcie 4c autoreferatu**, zamieszczone zostały w **załączniku 8** - jako pliki "**hab-8.1.pdf ÷ hab-8.7.pdf** "

## **b) wykaz prac stanowiących osiągnięcie naukowe**

- [1] Opala M., *Evaluation of bogie centre bowl friction models in the context of safety against derailment simulation predictions*, Archive of Applied Mechanics, ISSN: 0939-1533, pierwsza publikacja on-line: luty 2018, DOI:10.1007/s00419-018-1351-4, udział własny 100%.
- [2] Opala M., *Study of the derailment safety index  $Y/Q$  of the low-floor tram bogies with different types of guidance of independently rotating wheels*, Archives of Transport, Volume 38, Issue 2, ISSN 0866-9546, 2016, pp. 39–47, udział własny 100%.
- [3] Opala M., *Symulacyjne badanie zużycia profili niezależnie obracających się kół z wykorzystaniem różnych modeli wózków tramwajowych*, Prace Naukowe Transport z.112, ISSN 1230-9265, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2016, pp. 313–322, udział własny 100%.
- [4] Opala M., *Metoda analizy bezpieczeństwa czynnego pojazdów kolejowych*, monografia naukowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-7814-358-1, Warszawa 2015, udział własny 100%.
- [5] Opala M., *Dynamiczna ocena ryzyka wykolejenia pojazdu kolejowego*, Czasopismo Logistyka, nr 4, ISSN 1231-5478, 2014, udział własny 100%.
- [6] Opala M., *Analysis of experimental data in the context of safety against derailment of a railway vehicle, using energy method*, Key Engineering Materials Vol. 518, ISSN 1662-9795, 1013-9826, Trans Tech Publications Ltd, 2012, pp. 16–23, udział własny 100%.
- [7] Chudzikiewicz A., Opala M., *Application of Computer Simulation Methods for Running Safety Assessment of Railway Vehicles in Example of Freight Cars*, Applied Mechanics and Materials Vol. 9, ISSN 1662-7482, pp. 61–69, Trans Tech Publications Ltd, 2008, udział własny 50% - opracowanie metody oceny bezpieczeństwa jazdy, udział pierwszego autora: opracowanie metody i algorytmu obliczeń zużycia.

## **c) wybrane publikacje uzupełniające, nie stanowiące osiągnięcia naukowego**

- [C1] Opala M., Melnik R., *Ocena zgodności modeli symulacyjnych dynamiki pojazdów szynowych na podstawie testów referencyjnych*, Czasopismo Logistyka, nr 4, ISSN 1231-5478, 2015, udział własny 50%.

- [C2] Opala M., *Passive safety in design process of tram front*, Dynamical Problems in Rail Vehicles, pp. 71-80, ISBN 978-83-7814-367-3, Oficyna Wydawnicza PW, 2015, udział własny 100%.
- [C3] Opala M., *Algorytmy oprogramowania systemu monitorowania pojazdu kolejowego*, Czasopismo Logistyka, nr 4, ISSN 1231-5478, 2011, udział własny 100%.
- [C4] Opala M., *Symulacyjne badania zużycia profili kół tramwaju, poruszającego się w lukach o małych promieniach*, Czasopismo Logistyka, nr 4, ISSN 1231-5478, 2015, udział własny 100%.
- [C5] Opala M., Chudzikiewicz A., Sowiński B., *Using lookup tables for a railway rail profile wear calculation*, Proceedings of the 11th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, ISBN 978-963-313011-7, Budapest, Hungary, 2008, udział własny 33%.
- [C6] Opala M., *Symulacyjny pakiet do badania bezpieczeństwa ruchu pojazdu szynowego*, Prace Naukowe Transport, ISSN 1230-9265, z. 62, pp. 235-242, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2007, udział własny 100%.
- [C7] Opala M., Żochowski A., *Automatic differentiation in mechanical simulation in Matlab*, Archives of Transport, vol. 19, issue 1-2, pp. 147-156, ISSN 0866-9546, 2007, udział własny 50%.

**d) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:**

**Ogólny cel naukowy badań wykonanych w pracach przedstawionych do oceny**

W dziedzinie badań nad bezpieczeństwem technicznym pojazdów szynowych można wyróżnić dwa obszary: bezpieczeństwo czynne i bierne. W przypadku bezpieczeństwa biernego nakłady techniczne służą minimalizowaniu negatywnych konsekwencji wypadku. Stosowane są takie rozwiązania jak kontrolowane strefy zgniotu, absorbery energii, struktury zapewniające utrzymanie przestrzeni przeżycia pasażerów itp. Natomiast bezpieczeństwo czynne polega na zapobieganiu ewentualnym wypadkom, rozwiązania stosowane w tym przypadku są bardzo zróżnicowane.

Ogólny cel naukowy przedstawionych do oceny prac związany jest z rozbudową metod i narzędzi służących do badania i oceny bezpieczeństwa czynnego, a w szczególności z takimi zagadnieniami badawczymi jak:

- ocena bezpieczeństwa przed wykolejeniem na podstawie występowania wybranych czynników mających wpływ na prawdopodobieństwo wypadku. Wybrane czynniki to poziom drgań elementów pojazdu, prędkość jazdy i lokalizacja względem

newralgicznych obiektów inżynierskich znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie toru, takich jak tunele, wiadukty, rozjazdy, stacje kolejowe i inne;

- ocena bezpieczeństwa przed wykolejeniem związana z dynamiką wybranego modelu pojazdu szynowego z uwzględnieniem procesu ewolucji zużycia profili poprzecznych kół i szyn; badania wykonywane metodą symulacji komputerowej przy pomocy oprogramowania autorskiego.
- monitorowanie i analiza parametrów kinematycznych i dynamicznych pojazdu oraz związanych z nimi odpowiednich wskaźników bezpieczeństwa biegowego;
- zastosowanie modeli probabilistycznych do oceny bezpieczeństwa.

Jako element dodatkowy, wpisujący się jednak w obszar badań nad bezpieczeństwem, przedstawiono wśród wybranych publikacji uzupełniających pracę z zakresu badania bezpieczeństwa biernego w kontekście procesu projektowania czoła tramwaju niskopodłogowego.

### **Omówienie osiągniętych wyników badań – na bazie prac [1÷7] oraz [C1-C7]**

Zasadniczą częścią osiągnięcia jest praca [4]. Dotyczy ona zagadnień badania i oceny bezpieczeństwa jazdy pojazdów kolejowych w kontekście zagrożenia wykolejeniem. Przedstawiona metoda oceny bezpieczeństwa czynnego opiera się na analizie zespołu czynników wpływających na prawdopodobieństwo wypadku. Czynniki te to między innymi poziom drgań mierzony za pomocą sygnałów przyspieszenia nadwozia i wózków pojazdu, a także jego prędkość jazdy i położenie geograficzne względem newralgicznych obiektów inżynierskich znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie toru, takich jak tunele, wiadukty, rozjazdy, stacje kolejowe i inne. Prawdopodobieństwo wypadku określane jest w sposób bezpośredni na podstawie modelu przyczynowości wypadkowej lub poprzez odpowiednio sformułowane wskaźniki i kryteria oceny. Jednym z takich wskaźników jest energetyczny wskaźnik bezpieczeństwa przed wykolejeniem, który jest obliczany na podstawie przyspieszenia poprzecznego zestawu kołowego. Przydatność tego wskaźnika została zweryfikowana przy pomocy pomiarów sił kontaktowych i przyspieszeń zestawu kołowego oraz przez porównanie z klasycznym wskaźnikiem obliczanym według kryterium Nadala [4,6]. Zasadniczym źródłem analizowanych danych są sygnały rejestrowane przez system monitorowania zainstalowany w pojeździe, posiadający połączenie bezprzewodowe ze zdalnym serwerem. Ocena bezpieczeństwa może więc odbywać się na bieżąco w trybie online z wykorzystaniem odpowiedniej struktury technicznej systemu monitorowania bezpieczeństwa, której przykład opisano w pracy [4]. Celem stosowania tego rodzaju środków jest umożliwienie wczesnego ostrzegania przed niebezpiecznymi zdarzeniami oraz identyfikacja miejsc, w których takie zdarzenia mogą wystąpić. Informacja o bezpieczeństwie ma być dostępna w czasie normalnej eksploatacji pojazdu przy dowolnych warunkach jego ruchu, w odróżnieniu od przypadku, gdy pojazd jest badany jednorazowo w ściśle określonych warunkach, podczas procedury dopuszczeniowej. Jedną z popularnych obecnie metod wykorzystywanych do predykcji możliwości wystąpienia niebezpiecznych zdarzeń i

ich konsekwencji jest metoda ilościowej oceny ryzyka wykorzystywana w ramach systemu zarządzania bezpieczeństwem. Wadą tej metody jest brak możliwości odpowiedniego, częstego aktualizowania wartości ryzyka w czasie trwania analizowanego procesu. W trakcie działania procesu nietypowe zdarzenia prowadzą często do występowania incydentów i sytuacji groźących wypadkiem, konwencjonalna analiza ryzyka z reguły nie uwzględnia informacji o tego typu zdarzeniach. Istnieje także pewna liczba niebezpiecznych zdarzeń, które w ogóle nie są zgłaszane w konwencjonalnym systemie raportowania.

W pracy [4] opisano również procedurę prognozowania bezpieczeństwa biegowego pojazdu kolejowego w czasie ewolucji tribologicznego zużycia współpracujących profili kół i szyn z wykorzystaniem modelu czteroosiowego pojazdu szynowego poruszającego się po torze sztywnym o różnym stopniu utrzymania. Z każdą sekcją toru osobno skojarzone są odpowiednie profile szyn. Wyniki pozwalają ocenić wpływ wybranych parametrów układu (np. prędkość pojazdu, wartości przechyłki toru i inne) na poziom zużycia a także związane z tym bezpieczeństwo jazdy. Ze względu na długookresowy charakter zmian wynikający z procesu zużycia (ekwiwalent przebytej drogi rzędu kilkudziesięciu tysięcy kilometrów), uzyskanie wyników wymagało zbudowania efektywnego narzędzia symulacyjnego. Narzędzie takie umożliwiło przeprowadzenie obliczeń w stosunkowo krótkim czasie. Uzyskane w tej pracy wyniki odnoszą się do konkretnej linii kolejowej, relacji Kraków – Wadowice, na której w 2007 dokonano modernizacji ułożenia toru polegającej na poprawie stanu podtorza oraz zwiększeniu przechyłki na łukach.

W większości opisywanych prac, w których badania prowadzono z wykorzystaniem metod symulacyjnych, odpowiednia analiza prowadzona jest w oparciu o model matematyczny zaimplementowany w autorskim programie komputerowym Simdel [C1]. Program ten przeznaczony jest przede wszystkim do symulacji oddziaływań dynamicznych pojazdu szynowego z torem. Obecna postać programu Simdel jest efektem doświadczeń gromadzonych od wielu lat [1,2,3,4,6,7,C1,C4,C5,C6,C7]. Pierwotnie program działał w środowisku Matlab a następnie został przeniesiony do środowiska języka C/C++. W tej wersji umożliwiał symulację dynamiki modelu pojazdu szynowego o 27 stopniach swobody [C6]. W kolejnych latach narzędzie to było stopniowo rozbudowywane, sposób generowania równań ruchu został zmieniony tak, aby równania były generowane automatycznie dla układów brył sztywnych o dowolnej liczbie stopni swobody. Bryły mogą być łączone ze sobą dowolną liczbą elementów sprężystych i tłumiących o charakterystykach liniowych i nieliniowych. Ułatwiło to tworzenie modeli pojazdów wieloczołowych, których struktura znacznie odbiega od klasycznego wagonu czteroosiowego. Jednym z takich badanych modeli był model elektrycznego zespołu trakcyjnego oraz model pięcioczołowego tramwaju, opisany w pracy [C4] a także modele pojazdów z różnymi rodzajami prowadzenia niezależnie obracających się kół [2,3]. Rozbudowano także moduł sterowania programem poprzez interfejs graficzny.

Wyniki obliczeń programu były na różnych etapach poddawane weryfikacji i walidacji, zarówno bezpośrednio (początkowo np. w pracy doktorskiej porównywano statystyki obliczeń z wynikami pomiarów) jak i pośrednio poprzez porównanie z wynikami generowanymi przez komercyjne pakiety obliczeniowe. W pracy [C1] przedstawiono porównanie wyników testów referencyjnych (tzw. Manchester Benchmark) dla programów Simdel i VI-Rail. Prowadzono także badania nad zastosowaniem algorytmów

automatycznego różniczkowania w celu poprawy wydajności obliczeniowej programu w czasie rozwiązywania sztywnych układów równań różniczkowych opisujących układy mechaniczne o wielu stopniach swobody [C7]. W szczególności porównano jawne i niejawne metody całkowania równań (Rungego-Kutty, Adamsa-Bashforth-Moultona, Geara). W przypadku metody niejawnej wykorzystano technikę automatycznego różniczkowania do obliczenia macierzy Jacobiego. Dzięki temu macierz ta jest policzona dokładnie bez stosowania numerycznego przybliżenia metodą różnic skończonych (metoda różnic skończonych jest także bardziej kosztowna obliczeniowo). Badania symulacyjne w tej pracy prowadzono z wykorzystaniem środowiska Matlab.

Aktualna wersja programu Simdel jest wyposażona w moduły do pre- i post-processingu umożliwiające odpowiednie przygotowanie i obróbkę danych a także wyświetlanie wyników analiz w dziedzinie czasu i częstotliwości w trybie 2D i 3D. Jeden z modułów programu pozwala na prowadzenie analizy zużycia profili kół i szyn z wykorzystaniem pełnego modelu wieloczołowego pojazdu i toru. Wraz z postępowaniem procesu tribologicznego zużycia odpowiednich par kół i szyn, możliwa jest aktualizacja profili kół i szyn (oddzielnie dla każdego koła i odpowiednich odcinków toru) w czasie trwania symulacji. Pozwala to na analizę ewolucji zużycia wymienionych elementów układu jezdnego i jednocześnie analizę wynikających z tego zmian dynamiki całego układu. Obecnie tego rodzaju analiza jest możliwa do wykonania także przy pomocy niektórych komercyjnych pakietów symulacyjnych. Rozbudowa wspomnianych pakietów o tę funkcjonalność może świadczyć o użyteczności tego narzędzia. Opisujący moduł programu do obliczania zużycia został wykorzystany w kilku projektach naukowo-badawczych. Na obecnym etapie rozwoju programu Simdel możliwe jest przygotowanie publicznej licencjonowanej wersji w celu szerszego wykorzystania.

Metody symulacyjne wykorzystywane do oceny bezpieczeństwa biegowego pojazdów kolejowych były także tematem pracy [7]. W pracy tej uwzględniono współczesne kryteria oceny bezpieczeństwa jazdy stosowane zarówno w Polsce jak i na innych kolejach europejskich. Dodatkowo uwzględniono scenariusze, które nie są realizowane w czasie standardowych badań dopuszczeniowych ze względu na zwiększone ryzyko i koszty. Przykłady takich scenariuszy to jazda po torze o dużych nierównościach geometrycznych, uwzględnienie wysokiego poziomu zużycia kół i szyn, uwzględnienie niekorzystnego poziomu załadowania pojazdu. Wyniki i wnioski płynące z tych badań pozwalają stwierdzić, że metody symulacyjne stanowią istotne uzupełnienie lub częściowo alternatywę w stosunku do kosztownej i czasochłonnej procedury homologacyjnej pojazdów szynowych, opartej wyłącznie na pomiarach.

W pracy [1] wykorzystano autorski model wagonu towarowego wyposażonego w popularne wózki typu Y25. Nadwozie oparte jest na wózku poprzez sferyczne gniazdo skrętu oraz częściowo na ślizgach bocznych. Połączenie tego rodzaju charakteryzuje się dużą sztywnością oraz możliwością występowania tarcia suchego między powierzchniami styku. Aby przezwyciężyć moment tarcia w czasie obrotu wózka względem nadwozia, musi powstać odpowiedni zewnętrzny moment obrotowy wynikający z sił kontaktowych pomiędzy kołami i szynami. Zwiększona wartość tych sił jest związana z niekorzystnymi efektami takimi jak zużycie i zwiększone prawdopodobieństwo wykolejenia. Przeanalizowano między innymi wpływ, jaki ma zastosowanie różnych modeli tarcia w gnieździe skrętu wózka na wartości sił

kontaktowych oraz wartości wskaźnika bezpieczeństwa przed wykolejeniem. Wagon porusza się po łuku o różnych wartościach promienia krzywizny. Wykorzystano modele tarcia takie jak gładki model Coulomba, model Karnoppa, Piotrowskiego oraz model LuGre. Przedstawiono porównanie wyników pomiarów i symulacji dla wszystkich tych modeli oraz wskazano ich mocne i słabe strony.

Praca [C2] opisuje wybrane koncepcje procesu projektowania czoła lekkiego pojazdu szynowego w kontekście wymagań bezpieczeństwa biernego. Koncepcje te odnoszą się do zarządzania energią zderzenia, konstrukcją zderzaka i sprzęgu. Wymagania bezpieczeństwa biernego obejmują standardy wytrzymałości zderzeniowej (crashworthiness) a także zagadnienia nieobjęte standaryzacją, związane z ochroną przechodniów i pasażerów pojazdów drogowych podczas kolizji z pojazdem szynowym. Artykuł ten powstał w czasie udziału w realizacji „Projektu konstrukcyjnego nowoczesnego, całkowicie niskopodłogowego tramwaju z niezależnie obracającymi się kołami” w ramach grantu „Wsparcie badań naukowych i prac rozwojowych w skali demonstracyjnej DEMONSTRATOR+”. Projekt realizowany we współpracy z firmą PESA Bydgoszcz.

### **Ogólny sposób wykorzystania osiągniętych wyników badań**

Wyniki badań osiągnięte w moich pracach pod postacią gotowych modeli, programów komputerowych i rezultatów przeprowadzonych analiz mogą być wykorzystane w zakresie, który ogólnie został przedstawiony poniżej.

- Poprawa bezpieczeństwa czynnego pojazdów szynowych w sieci kolejowej;
- Opracowanie urządzeń i programów wchodzących w skład systemów monitoringu bezpieczeństwa czynnego pojazdów szynowych;
- Poprawa bezpieczeństwa biernego lekkich pojazdów szynowych;
- Szersze wykorzystania narzędzia Simdel poprzez udostępnienie go w ramach licencji publicznej;

## **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych**

Wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych zamieszczono w załączniku 4 w pliku "**hab-4.pol.pdf**".

### **5.1. Działalność naukowo - badawcza, dydaktyczna i organizacyjna prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych lata 2001-2006**

Pierwsze prace badawcze rozpocząłem podczas realizacji pracy magisterskiej. Celem moich działań było stworzenie narzędzia w postaci programu komputerowego, za pomocą którego możliwe jest badanie przebiegu pracy stacji obsługi samochodów, w której organizacja obsługi jest wielofazowa. W symulacji wykorzystano dyskretny strukturalny



model kolejkowy. Dane wymagane do poprawnego zbudowania modelu zostały uzyskane podczas dwutygodniowej praktyki dyplomowej odbytej na stacji obsługi samochodów osobowych.

W czerwcu 2001 roku rozpocząłem pracę, jako nauczyciel akademicki i pracownik naukowo-badawczy na stanowisku asystenta w Zakładzie Podstaw Budowy Urządzeń Transportowych. Jednocześnie byłem w tym czasie uczestnikiem czteroletnich studiów doktoranckich.

W okresie tym zostałem włączony do działalności naukowo-badawczej Zakładu. Moje pierwsze zespołowe prace naukowo-badawcze dotyczyły tematu dynamiki oddziaływań przejściowych części jezdnych pojazdu szynowego z torem, między innymi w obrębie rozjazdu kolejowego. Badano m.in. zagadnienia aproksymacji i dyskretyzacji geometrycznych funkcji kontaktu w czasie przejazdu przez rozjazd (zmienny profil szyn, zmienna szerokość toru, różny stopień zużycia) wykorzystując dwupunktowy model kontaktu (**III.A.1.1**). Kolejny obszar zainteresowań zawodowych dotyczył modelowania zużycia pary kinematycznej koło-szyna dla zwiększonych obciążeń a także badań bezpieczeństwa przed wykolejeniem pojazdów szynowych w kontekście dopuszczenia do eksploatacji nowej lub zmodyfikowanej konstrukcji pojazdu szynowego na przykładzie wagonu towarowego (**III.A.1.2, III.A.2.1, III.A.2.2, III.A.2.3, II.A.3.2, II.A.3.3**). Następne badania zjawisk dynamicznych i tribologicznych zachodzących w układzie jezdny pojazd szynowego prowadzone były pod kątem bezpiecznej i efektywnej eksploatacji towarowego wagonu kolejowego o zwiększonej sile nacisku na oś. Eksploatacja tego typu wagonu pozwala na większą wydajność przewozu (np. zmniejszone zużycie paliwa na tonę ładunku netto, zmniejszone przebiegi wagonów i lokomotyw, lepszy stosunek netto/tara) a także umożliwia poprawę wskaźników bezpieczeństwa ruchu wagonu. Jednocześnie mogą też wystąpić niekorzystne efekty takie jak zwiększone zużycie elementów układu pojazd-tor (np. powierzchnie toczone kół i szyn, podkłady, podtorze), możliwe jest również powstanie potrzeby unowocześnienia i przebudowy niektórych odcinków toru i innych struktur (np. mosty). Zagadnienia te stały się kolejno przedmiotem analiz publikowanych w artykułach naukowych (**II.A.1.1, II.A.2.1, II.A.3.4, II.A.3.5**) i w pracy doktorskiej (**I.1**).

Mój udział w projektach naukowo-badawczych realizowanych w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora zamieszczony jest w załączniku 4 w pliku "**hab-4.pol.pdf**" – pozycje 1–5 na liście projektów w rozdziale **III.A**. Wśród tych pozycji 2 projekty były finansowane przez Komitet Badań Naukowych, a 3 prace własne finansowane ze środków uczelni.

W ramach prowadzonej działalności badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora powstało łącznie 7 publikacji autorskich i współautorskich (pozycje w rozdziale **II.A** na liście publikacji w załączniku 4). Treść tych publikacji była również referowana w czasie konferencji krajowych i zagranicznych. W tym okresie wzięłem udział w 15 konferencjach naukowych (w tym 3 zagraniczne) oraz w 12 warsztatach i seminariach naukowych (na których również wygłaszałem referaty).

Działalność dydaktyczną rozpocząłem od prowadzenia przedmiotu mechanika techniczna w formie ćwiczeń audytoryjnych na studiach niestacjonarnych oraz zajęć laboratoryjnych na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych.

## **5.2. Działalność naukowo-badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych lata 2007-2017**

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zostałem zatrudniony w dotychczasowym miejscu pracy na stanowisku adiunkta, na którym pracuję do chwili obecnej. W ramach działalności naukowo-badawczej kontynuowałem badania zagadnień związanych z pojazdami szynowymi. W latach 2007–2008 włączyłem się w prace nad dwoma projektami badawczymi „Predykcja długookresowych zmian parametrów toru kolejowego powstających w procesie eksploatacji” oraz „Zwiększenie prędkości pociągów w łukach o małych promieniach” (finansowane przez KBN oraz fundusz europejski inicjatywy EUREKA). Mój udział polegał między innymi na badaniu charakterystyk zużycia profili poprzecznych szyn toru kolejowego w różnych warunkach jego ułożenia, tor składał się z odcinków prostych, krzywych przejściowych i łuków kołowych. Uwzględniono i wariantowano takie czynniki jak prędkość jazdy, poziom nierówności toru, stan załadowania, stan zużycia profili. Obliczenia prowadzono z wykorzystaniem autorskiego narzędzia symulacyjnego, w którym zaimplementowano model czteroosiowego pojazdu szynowego i model toru. Wykorzystano standardowy model zużycia Archarda, użyty lokalnie do zdyskretyzowanego obszaru styku kół i szyn oraz sprzężony z algorytmem FASTSIM Kalkera. Wykorzystano także procedurę numeryczną opartą na programie Weardyn autorstwa Chudzikiewicza.

Dalsza moja działalność naukowo-badawcza w latach 2008-2017 prowadzona była głównie w obszarze bezpieczeństwa czynnego i biernego. Doświadczenia zdobyte w czasie pisania pracy doktorskiej skierowały mnie w stronę poszukiwania bardziej elastycznych metod oceny bezpieczeństwa czynnego tzn. takich, które uwzględniają warunki nieujęte metodami normatywnymi (np. opisane w UIC518 i EN14363) i mogą być dostosowane do systemów monitoringu on-line. Podjąłem próby stworzenia odpowiedniego modelu przyczynowości wypadkowej oraz powiązanych z nim wskaźników bezpieczeństwa. Jako narzędzia badawcze wykorzystywałem symulacje komputerowe i techniki pomiarowe, dane pomiarowe uzyskiwane były w trakcie realizowanych projektów.

Szeroki zbiór danych pomiarowych uzyskałem podczas udziału w projekcie Monit („Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji i Ocena jej Żywotności” 2008-2013), który realizowany był w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Poddziałanie 1.1.2 Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych. W projekcie przewidziano zadania badawcze zmierzające do opracowania innowacyjnych rozwiązań technologicznych w zakresie metod i systemów do monitorowania stanu konstrukcji oraz do ostrzegania o możliwych sytuacjach awaryjnych dla obiektów o wymaganym niskim poziomie ryzyka awarii. Opracowane rozwiązania umożliwiają poprawę bezpieczeństwa użytkowania obiektów i urządzeń, a także mogą przyczynić się do zmniejszenia awaryjności i wydłużenia życia obiektów konstrukcyjnych użytkowanych w różnych działach gospodarki, m.in. w transporcie kolejowym. Projekt realizowano przy współpracy wielu instytucji i firm m.in. Politechnika Warszawska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Instytut Podstawowych Problemów

Techniki PAN, Politechnika Poznańska, Instytut Kolejnictwa, PKP Informatyka, EC Grupa i inne.

Pomiary były wykonywane w kilku etapach. Początkowo w czasie badań laboratoryjnych. Następnie podczas eksperymentu przeprowadzonego na torze doświadczalnym w Żmigrodzie, w którym odtworzono warunki uszkodzenia zawieszenia pierwszego i drugiego stopnia wagonu kolejowego. Uszkodzenie to polegało na częściowej utracie sprężystości w kierunku pionowym poprzez wymontowanie jednej ze sprężyn (wagon towarowy), oraz utracie tłumienia poprzez wymontowanie jednego z tłumików (wagon pasażerski). W kolejnym etapie projektu uzyskano dane pomiarowe w czasie wielomiesięcznej eksploatacji nadzorowanej elektrycznego zespołu trakcyjnego ED74 produkcji PESA Bydgoszcz. Pomiary wykonywane były przy pomocy zdalnego, pokładowego systemu monitoringu on-line, system ten w zakresie hardware i software został wykonany w ramach projektu. Jestem współautorem algorytmów i procedur, które zostały zaimplementowane w systemie przeznaczonym do monitorowania stanu pojazdu szynowego i toru. Brałem również udział we wszystkich etapach projektu, począwszy od przygotowywania założeń teoretycznych do testowania systemu i wykonywania pomiarów przy użyciu przygotowanych narzędzi.

W zakresie systemu monitorowania pojazdu szynowego i toru efektami projektu, których jestem współautorem są m.in. zgłoszenie patentowe nr 399174, przyznany patent nr 224065, tytuł wynalazku „Układ monitorowania stanu i diagnozowania pojazdów szynowych oraz toru” oraz szereg publikacji (**II.B.1, II.B.2.4, II.B.2.5, II.B.2.6, II.B.2.7, II.B.2.8**) i raportów niepublikowanych (w rozdziale **III.B.6**, sekcja „Wybrane raporty badawcze z wykonania zadań badawczych w ramach projektu MONIT” – 14 pozycji) oraz referatów wygłaszanych na seminariach i konferencjach (15 pozycji w rozdziale **II.B.4**).

Dalsza działalność badawcza o charakterze aplikacyjnym w kontakcie z przemysłem to m.in. udział w realizacji „Projektu konstrukcyjnego nowoczesnego, całkowicie niskopodłogowego tramwaju z niezależnie obracającymi się kołami” w ramach grantu „Wsparcie badań naukowych i prac rozwojowych w skali demonstracyjnej DEMONSTRATOR+”. Projekt realizowany we współpracy z firmą PESA Bydgoszcz (2013–2014). Rezultatem projektu jest opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej pojazdu szynowego przeznaczonego do obsługi transportu publicznego aglomeracji miejskich o dużych potokach pasażerskich. Opracowany projekt techniczny wraz z dokumentacją został wykorzystany do budowy prototypu i wdrożenia prototypu do produkcji seryjnej (tramwaj Jazz Duo 128N). Wybrane raporty z tego projektu opisano w rozdziale **III.B.6** załącznika 4 w sekcji „Wybrane raporty badawcze” – 4 pozycje. Publikacje zainspirowane tematyką projektu to **II.B.1.2, II.B.2.10, II.B.2.11, II.B.2.13, II.B.2.14**. Na konferencjach i seminariach wygłosiłem 7 referatów związanych z tematyką projektu. Jednym z rezultatów jest również zgłoszenie patentowe nr 413056 i przyznany patent nr 226736, tytuł wynalazku „Układ sterowania niezależnie obracającymi się kołami napędnego wózka pojazdu szynowego tramwaju całkowicie niskopodłogowego”, jestem współautorem tego zgłoszenia.

Inne projekty współfinansowane z funduszy europejskich, w których brałem udział to EUREKA – E! 3962 TOSIN pt. „Zwiększenie prędkości pociągów w łukach o małych promieniach” (okres realizacji: 2007–2008, kierownik projektu: prof. dr hab. inż. Włodzimierz Czyczuła) oraz INNOTECH-K3/IN3/4/225774/NCBR/14 pt. "MFB – rodzina średnio-podłogowych wózków tramwajowych" (okres realizacji: 2014–2016, kierownik

projektu: prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz). Mój udział w obu tych projektach wymagał przygotowania modelu pojazdu szynowego współpracującego z torem, pojazd ten ma postać wagonu kolejowego oraz wieloczołowego tramwaju, model toru sztywnego uwzględnia nierówności oraz rzeczywiste zarysy szyn. Przeprowadzałem badania oddziaływań dynamicznych pojazdu z torem (w tym bezpieczeństwa przed wykolejeniem) z uwzględnieniem długookresowego procesu zużycia profili poprzecznych kół i szyn a także uwzględniając zmienną prędkość pojazdu w czasie jazdy.

Nieco wcześniej, w 2012 r. na zamówienie firmy PESA Bydgoszcz przygotowałem opinię w sprawie merytorycznej poprawności badań komfortu jazdy w pojeździe szynowym 27WE-010. W 2017 r. nawiązałem współpracę z Ośrodkiem Certyfikacji Transportu (OCT PW), przedmiotem współpracy jest między innymi ocena znaczenia wprowadzonej zmiany umocowania typu ZEP-3 stosowanego do napędu zwrotnicowego JEA-29 zamiast stosowanego umocowania typu ZEP-100, a także weryfikacja oceny wytrzymałości zamknięcia nastawczego CKA-12, w kontekście wprowadzenia tego elementu na rynek polski.

### **5.3. Działalność dydaktyczna po obronie pracy doktorskiej lata 2007-2017**

Moja działalność dydaktyczna po obronie pracy doktorskiej to prowadzenie zajęć ze studentami w Zakładzie Podstaw Budowy Urządzeń Transportowych. Zajęcia prowadzone są w formie ćwiczeń, wykładów, zajęć projektowych i laboratoriów, odbywają się zarówno na studiach stacjonarnych jak i niestacjonarnych, pierwszego i drugiego stopnia. Prowadzone przedmioty to:

- mechanika techniczna,
- podstawy dynamiki maszyn,
- mechanika stosowana,
- grafika inżynierska,
- inżynieria bezpieczeństwa,
- lokalizacja i zarządzanie środkami transportu.

Obecnie jestem kierownikiem przedmiotu grafika inżynierska 2 na studiach niestacjonarnych, przedmiot ten obejmuje część poświęconą wspomaganemu komputerowemu inżynierskich prac projektowych a także część poświęconą rysunkowi technicznemu na papierze. Byłem również kierownikiem przedmiotu laboratorium mechaniki technicznej na studiach stacjonarnych. Przedmiot obejmuje szereg ćwiczeń praktycznych, opartych na wykorzystaniu aparatury pomiarowej i programów komputerowych. Treści ćwiczeń to m.in. badania wytrzymałościowe z uwzględnieniem zjawiska karbu, wyznaczanie stałych materiałowych, wyznaczanie sił i naprężeń w kratownicach, badanie zjawiska wyboczenia, badania swobodnych i wymuszonych układów drgających o jednym stopniu swobody z tłumieniem, badania dynamiki układów wirujących.

Do ćwiczeń opracowano instrukcje i materiały dydaktyczne w formie elektronicznej dostępne w Internecie a także w formie publikacji książkowej. Jestem jednym z autorów tych

opracowań. Pozostałe przedmioty mechaniczne prowadzę głównie w formie ćwiczeń audytoryjnych.

W ramach projektu „Rozbudowa Gmachu Nowej Kreślarni Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej” realizowanego z wykorzystaniem funduszy europejskich uczestniczyłem w opracowywaniu koncepcji nowych stanowisk laboratoryjnych z zakresu mechaniki technicznej, które są uruchomione w laboratoriach Zakładu Podstaw Budowy Urządzeń Transportowych WT PW.

Treści programowe przedmiotu inżynieria bezpieczeństwa w zakresie transportu kolejowego zostały przeze mnie przygotowane i wdrożone w związku z utworzeniem na Wydziale Transportu nowej specjalności o tej samej nazwie inżynieria bezpieczeństwa.

W analizowanym okresie zajmowałem się także, jako promotor i konsultant, dyplomantami piszącymi prace inżynierskie, opracowywałem również recenzje prac inżynierskich oraz brałem czynny udział w komisjach egzaminacyjnych dla dyplomantów studiów inżynierskich na Wydziale Transportu PW.

#### **5.4. Działalność organizacyjna po obronie pracy doktorskiej lata 2007-2017**

- Działalność w ramach Komitetu Organizacyjnego XXII Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe”.
- Działalność w ramach Komisji Rady Wydziału ds. Krajowych Ram Kwalifikacji.
- Udział w organizacji szeregu seminariów naukowych poświęconych realizacji projektów badawczych.
- Działalność w ramach Wydziałowej Komisji Wyborczej do wyboru dziekana, prodziekanów, członków Rady Wydziału, przedstawicieli do Kolegium Wyborczego rektora i prorektorów oraz do Senatu PW.

#### **5.5. Uzyskane nagrody, wyróżnienia i odznaczenia**

- Nagroda zespołowa I stopnia JM Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia naukowe w roku 2014.
- Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2015.
- Praca doktorska wyróżniona przez Radę Wydziału Transportu PW.



.....  
**Imię i Nazwisko**