

RECENZJA

osiągnięcia naukowego pt.:
„Analiza i ocena dynamiki układu lekki pojazd szynowy – tor
w warunkach rzeczywistej eksploatacji”
oraz istotnej aktywności naukowej dra inż. Bartosza Firlika

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzję opracowano na podstawie pisma prof. dra hab. inż. Franciszka Tomaszewskiego, Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej, z dnia 27 stycznia 2020 r.; znak DR-64/190/04/2020 oraz w oparciu o załączone dokumenty dorobku naukowego dra inż. Bartosza Firlika.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym habilitanta jest zgodnie z art. 16 ust 2 ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki zestaw 15 publikacji pod wspólnym tytułem:

Analiza i ocena dynamiki układu lekki pojazd szynowy – tor
w warunkach rzeczywistej eksploatacji

Habilitant w przygotowanym Autoreferacie zamieścił obszernie (25 stron) omówienie osiągnięcia naukowego i wyników zrealizowanych prac badawczych. 13 spośród 15 publikacji są wieloautorskie, 2 publikacje są autorstwa Habilitanta; jedna to referat z konferencji uwzględnionej w bazie Scopus, druga to rozdział w monografii. W przypadku publikacji wieloautorskich Habilitant dołączył do dokumentacji deklaracje współautorów określające ich udział jakościowy w publikacjach oraz określił swój udział jakościowy i procentowy w ich autorstwie. Wśród publikacji będących osiągnięciem naukowym są 2 pozycje w czasopismach znajdujących się w bazie JCR (Journal Citation Report), 7 publikacji z listy B MNiSW, 5 pozycji w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych indeksowane w bazie Scopus oraz 1 rozdział w monografii wieloautorskiej. Publikacje z listy ministerialnej A to najnowsza opublikowana w 2019 r., w czasopiśmie *Wear* wydawanym przez Elsevier (IF 2,96, obecna punktacja MNiSW 200 pkt; najwyższa z możliwych). Jest ona wieloautorska (4 współautorów); rola Habilitanta jest określona na 40% udział i w tej sytuacji może być uznana za wiodącą. Druga publikacja pochodząca z 2018 roku została opublikowana w czasopiśmie *Eksploatacja i Niezawodność Maintenance and Reliability* (IF 1,383, obecna punktacja MNiSW 100 pkt). Jest ona również współautorska (2 współautorów) W tym przypadku rola Habilitanta jest ograniczona do 30%. W 4 publikacjach rola Habilitanta jest określona od 20 do 45%. W 7 publikacjach rola

Habilitanta jest powyżej 50% (od 50 do 85%). W szczególności publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego Habilitanta to:

- [1] Firlik B., Staśkiewicz T., Jaśkowski W., Wittenbeck L., 2019, **Optimization of a tram wheel profile using biologically inspired algorithm**, *Wear*, Volumes 430-431 (2019), s. 12-24 (35 pkt. *MNiSW*, lista A, *IF*: 2,96). Udział Habilitanta 40%.
- [2] Staśkiewicz T., Firlik B., 2018, **Out-of-round tram wheels – current state and measurements**, *Archives of Transport*, volume 45, issue 1/2018, s. 93-103 (14 pkt. *MNiSW*, lista B). Udział Habilitanta 45%.
- [3] Tabaszewski M., Firlik B., 2018, **Assessment of the track condition using the Gray Relational Analysis method**, *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2018*, vol. 20, issue 1, s. 147-152 (25 pkt. *MNiSW*, lista A, *IF*: 1,383). Udział Habilitanta 30%.
- [4] Staśkiewicz T., Firlik B., Jaśkowski W., Wittenbeck L., 2018, **On designing a durable and safe tram wheel profile**, *Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks: Proceedings of the 25th International Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks (IAVSD 2017)*, s. 747-752 (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie Scopus). Udział Habilitanta 40%.
- [5] Staśkiewicz T., Firlik B., 2017, **Verification of a tramway wheel new profile dynamic behavior**, *Journal of Mechanical and Transport Engineering*, vol. 69, no. 1, s. 49-60 (6 pkt. *MNiSW*, lista B). Udział Habilitanta 50%.
- [6] Paczkowska M., Wojciechowski Ł., Firlik B., Kinal G., Rewolińska A., 2017, **Influence of operation on tram wheels and rails surface layer condition**, *Inżynieria Materiałowa*, vol. 4, issue 218/2017, s. 35-43 (13 pkt. *MNiSW*, lista B). Udział Habilitanta 20%.
- [7] Paczkowska M., Wojciechowski Ł., Firlik B., 2016, **Analysis of plastic deformation processes in the surface layer of tram wheels**, *Proceedings of XXX International Conference on Surface Modification Technologies (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej)*. Udział Habilitanta 35%.
- [8] Firlik B., 2016, **Wheel-Rail Interaction Analysis for the Development of a New Tram Wheel Profile**, 2016, *Proceedings of The Third International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance RAILWAYS 2016 (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie Scopus)*.
- [9] Firlik B., Tabaszewski M., 2012, **Dynamical Problems in Condition Monitoring of a Light Rail Vehicle**, *Proceedings of 13th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies – VSDIA 2012*, s. 293-300 (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie Scopus). Udział Habilitanta 60%.
- [10] Firlik B., Czechyra B., Chudzikiewicz A., 2012, **Condition Monitoring System for Light Rail Vehicle and Track**, *Key Engineering Materials Vol. 518* (2012), s. 66-75 (20 pkt. *MNiSW*, lista A, *IF*: 0,35 w dniu oddania artykułu do druku; 8 pkt. *MNiSW*, lista B w dniu opublikowania artykułu). Udział Habilitanta 70%.
- [11] Firlik B., Tabaszewski M., Sowiński B., 2012, **Vibration-based symptoms in condition monitoring of a light rail vehicle**, *Key Engineering Materials Vol. 518* (2012), s. 409-417 (20 pkt. *MNiSW*, lista A, *IF*: 0,35 w dniu oddania artykułu do druku; 8 pkt. *MNiSW*, lista B w dniu opublikowania artykułu). Udział Habilitanta 50%.
- [12] Firlik B., Sowiński B., 2012, **Condition Monitoring Algorithms for Light Rail Vehicle Suspension**, *Proceedings of the First International Conference on Railway*

- Technology: Research, Development and Maintenance RAILWAYS 2012 (*publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej*). Udział Habilitanta 80%.
- [13] Firlik B., 2012, **Badania eksploatacyjne systemu dla przypadku lekkiego pojazdu szynowego**, W: Monitorowanie stanu układu dynamicznego pojazd szynowy – tor, Praca zbiorowa pod red. A. Chudzikiewicza, s. 191-212 (*rozdział w monografii*).
- [14] Firlik B., Czechyra B., 2010, **Założenia i podstawy symulacyjne systemu monitorowania stanu technicznego toru tramwajowego**, Logistyka 4/2010 (*6 pkt. MNiSW, lista B*). Udział Habilitanta 80%.
- [15] Chudzikiewicz A., Firlik B., 2009, **Light Rail Vehicle Dynamics from a Running Safety Perspective**, The Archives of Transport, vol. XXI, issue 3-4 (2009), s. 39-49 (*6 pkt. MNiSW, lista B*). Udział Habilitanta 85%.

Przedstawione jako zasadnicze osiągnięcie naukowe publikacje poruszają niżej wymienione zagadnienia skupiające się wokół współpracy koła tramwaju z torem:

- analiza bezpieczeństwa jazdy tramwaju na torze zużytych,
- wykorzystanie odpowiedzi dynamicznej pojazdu do monitorowania stanu technicznego układu pojazd – tor,
- identyfikację zjawisk nieliniowych w strefie kontaktu koła z szyną,
- optymalizację współpracy pojazdu z torem poprzez opracowanie nowego profilu koła tramwajowego,
- systemowe podejście do problematyki oddziaływania pojazdu z torem,

Ocena podjęcia tematyki badawczej stanowiącej zasadnicze osiągnięcie naukowe

Będąc tematem dociekań Habilitanta procesy współpracy tramwaju z torem w aspekcie dynamiki układu stanowią obecnie przedmiot prac badawczych szeroko realizowanych na całym świecie. Badania na ten temat są prowadzone od czasu, gdy na drogi żelazne wyjechały pierwsze składy tramwajowe. Podczas współpracy koła obrzeżonego z torem zasadniczym problemem jest takie prowadzenie zestawów kołowych, aby nie dochodziło do styku wielopunktowego zwłaszcza styku z obręczą koła. Oczywiście na łukach torów, zwłaszcza o małym promieniu bardzo trudno tego uniknąć. Powoduje to generowanie hałasu i przyspieszone zużycie obręczy koła. Osobnym zagadnieniem jest przejazd przez krzyżownice, w trakcie którego zewnętrzna bieżnia obręczy koła przejmuje współpracę z torem. Zagadnieniom tym Habilitant poświęcił wiele uwagi, dochodząc w efekcie do wartościowych spostrzeżeń. Słusznie Habilitant zauważył, że w Polsce nadal nie prowadzi się badań naukowych, które dotyczyłyby poznania najważniejszych zjawisk fizycznych zachodzących podczas współpracy pojazdu tramwajowego z torem. Właściwe rozpoznanie tych zjawisk może doprowadzić do zapewnienia spokojnej jazdy tramwaju na torze, zmniejszenia liczby wykolejeń oraz znacznej redukcji kosztów obsługi, poprzez zmniejszenie zużycia pojazdu i jego podzespołów w toku wieloletniej eksploatacji. Zwłaszcza kół obrzeżonych, które pozostają w zasadniczym polu zainteresowań Habilitanta. Tematyka ta jest ważna, ponieważ lekkie pojazdy szynowe poddawane są zupełnie innym obciążeniom i posiadają inne cechy konstrukcyjne, niż klasyczne pojazdy kolejowe. W efekcie nie można w prosty sposób wykorzystać norm czy też wyników badań prowadzonych dla lokomotyw lub zespołów trakcyjnych w tramwajach.

W świetle tego zajęcie się przez Habilitanta zagadnieniem dynamiki pojazdów tramwajowych, w tym poprawy ich oddziaływania dynamicznego z torem, a także zagadnieniom zwiększenia bezpieczeństwa i komfortu jazdy uważam za jak najbardziej celowe i poszerzające tym samym wiedzę w tym zakresie.

Wybór badań, obiektu badań i zastosowanych procedur dokonano w sposób trafny i logiczny. Uzyskane wyniki badań, ich analizy i sformułowane zależności mają charakter poznawczy i użyteczny. Habilitant prezentując konkretną, autorską propozycję procedur badawczych współpracy koła tramwaju z torem, analizę ich wyników oraz formułując modele zachodzących procesów zrealizował zakres badań, dowiódł tezy i celów szeroko rozumianych badań zaprezentowanych w cyklu 15 publikacji będących osiągnięciem naukowym.

Analiza i ocena merytoryczna zasadniczego osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe Habilitanta dotyczy zagadnień dynamiki pojazdów tramwajowych, a zwłaszcza oddziaływania dynamicznego tramwaju z torem. Przy czym zasadniczym aspektem tych dociekań jest zwiększenie bezpieczeństwa i komfortu jazdy oraz przede wszystkim zapobieganie wykolejeniom tramwaju. Zasadniczy cel naukowy można więc określić za Habilitantem jako: *identyfikacja, modelowanie, symulacja oraz pomiary eksperymentalne nieliniowych zjawisk wibroakustycznych zachodzących podczas jazdy tramwaju na torze zużytych*. Zasadniczo tematyka dotyczy analizy i syntezy zjawisk ciernomechanicznych, termicznych i wibroakustycznych. Habilitant prowadził wieloletnie badania, w tym stanowiskowe i w ich wyniku zaobserwował wpływ wielu czynników na proces współpracy pary trącej koło tramwaju – tor.

W pierwszej grupie badań, realizowanej przez Habilitanta w trakcie rozprawy doktorskiej oraz kontynuowanej po jej obronie i w efekcie opublikowanej w jednej z publikacji [15] osiągnięcia naukowego jest zagadnienie odpowiedzi na pytanie: jak duży wpływ na bezpieczeństwo jazdy ma zużycie toru i wynikająca stąd zmiana jego geometrii? Realizacja stosownych badań umożliwiła Habilitantowi zbudowanie modelu fizycznego i matematycznego tramwaju typu Konstal 105N (jako układ 38 równań różniczkowych zwyczajnych nieliniowych), fizyczny model toru, a następnie model symulacyjny układu pojazd – tor. W opisie matematycznym i fizycznym Habilitant uwzględnił nieliniowy kontakt koła z szyną, rzeczywiste profile kół i szyn oraz nierówności toru w ich rzeczywistej postaci, zmierzone na wybranych odcinkach infrastruktury. Uważam ten model za znaczące osiągnięcie badawcze.

Druga grupa badań dotyczy wykorzystania odpowiedzi dynamicznej pojazdu do monitorowania stanu technicznego układu pojazd tramwajowy – tor. Efektem prowadzonych prac było opracowanie i wdrożenie innowacyjnego systemu monitorowania stanu technicznego kluczowych elementów układu jezdni tramwaju oraz oceny stanu toru. Jest to system oceny oparty na analizie odpowiedzi dynamicznej pojazdu tramwajowego na wymuszenia pochodzące od toru – zarówno od nierówności geometrycznych, jak i uszkodzeń infrastruktury torowej. W oparciu o sygnały pobierane z czujników umieszczonych na pojeździe, system zawiadamia użytkownika o przekroczeniu wartości krytycznych wybranych parametrów związanych ze stanem pojazdu i infrastruktury. Realizacja tych badań była możliwa dzięki kierowaniu przez Habilitanta badaniami w ramach realizacji projektu „*Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji i Ocena jej Żywotności (MONIT)*” (POIG.01.01.02-00-013/08), realizowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, w latach 2007-2013. W projekcie Habilitant objął stanowisko kierownika zespołu badawczego odpowiedzialnego za zaprojektowanie, wykonanie i wdrożenie systemu monitorowania stanu technicznego lekkiego pojazdu szynowego oraz toru. W efekcie został opracowany, zbudowany i przetestowany system monitorowania stanu technicznego lekkiego pojazdu szynowego – tor, umożliwiający monitorowanie stanu technicznego kluczowych układów i elementów układu jezdni tramwaju oraz jakościowej oceny infrastruktury torowej.

System opiera się na rozproszonej sieci przetworników zainstalowanych w pojeździe wraz z jednostką akwizycji danych oraz serwera danych z aplikacją do analizy i zarządzania danymi diagnostycznymi. System ten Habilitant wdrożył w ramach własnej działalności gospodarczej w spółce spin-off, a jego wyniki, bez wnikania w szczegóły, stanowiły podstawę publikacji osiągnięcia naukowego o numerach [3], [10] oraz [11].

Trzecia grupa badań to identyfikacja zjawisk nieliniowych w strefie kontaktu koła z szyną, w szczególności w odniesieniu do rzeczywistych warunków eksploatacji pojazdu. Habilitant pozyskał w celu realizacji badań własny projekt badawczy z NCBiR w ramach programu LIDER pt.: „*Identyfikacja i modelowanie zjawisk nieliniowych w strefie kontaktu koła z szyną, celem opracowania nowego profilu koła tramwajowego*”. W wyniku realizacji prac stworzył autorską metodykę badań eksploatacyjnych, w ramach której opracował multisensorowy system pomiarowy, umożliwiający badania metodami optycznymi, termograficznymi, tensometrycznymi oraz wibroakustycznymi współpracę koła tramwaju z torem, który został z powodzeniem zainstalowany w pojazdach MPK w Poznaniu. Najciekawsze i moim zdaniem przełomowe wyniki Habilitant uzyskał z obrazów kamery termowizyjnej, umieszczonej pod pojazdem. Zarejestrowała ona miejscowe zmiany temperatury koła i szyny na skutek wzajemnego kontaktu. Celem tych badań była analiza zachowania koła na szynie w aspekcie położenia obszaru styku obu współpracujących elementów. Badania te można określić jako pionierskie, niespotykane do tej pory w pojazdach tramwajowych. Dzięki nim możliwe było zaobserwowanie przesuwania się obszaru styku podczas jazdy. Badaniom polowym towarzyszyły wykonane przez Habilitanta symulacje numeryczne. Wyniki badań habilitant opublikował w pracach [2] oraz [8] osiągnięcia naukowego.

Czwarta grupa badań dotyczy optymalizacji współpracy pojazdu z torem poprzez opracowanie nowego profilu koła tramwajowego. W tym celu Habilitant przeprowadził szereg badań numerycznych z wykorzystaniem metod elementów skończonych, algorytmów genetycznych oraz, po wykonaniu prototypowych kół, zweryfikował badania w eksploatacji naturalnej na wybranych pojazdach w Poznaniu i Łodzi. W badaniach symulacyjnych sprawdzone zostały właściwości jezdne profili zoptymalizowanych na odcinkach toru o idealnej oraz rzeczywistej geometrii. Profile sprawdzane były pod kątem prawidłowej współpracy z torem, celem uzyskania opinii technicznej niezależnej jednostki badawczej przed rozpoczęciem eksploatacji nadzorowanej. Otrzymane wyniki Habilitant zestawił z analogicznymi rezultatami dla wybranych profili kół tramwajowych eksploatowanych w Europie. Szerzej badania te zostały opisane w pracach [1], [4], [5].

Ostatnia grupa prac badawczych osiągnięcia naukowego to systemowe podejście do problematyki oddziaływania pojazdu z torem. Efektem badań Habilitanta było opracowanie koncepcji tramwaju pomiarowego, służącego nie tylko do oceny stanu infrastruktury torowej, ale również do oceny zachowania dynamicznego pojazdu na zmierzonej infrastrukturze. Habilitant uzyskał finansowanie badań w ramach projektu badawczego „*Tramwaj pomiarowy do pomiarów parametrów i oceny stanu infrastruktury*” (POIR.01.02.00-00-0190/16) realizowanego w ramach programu sektorowego INNOTABOR, pełniąc rolę jego kierownika po stronie spółki TechSolutions Group, która jako partner projektu wykonuje wszystkie prace badawcze związane z analizą odpowiedzi dynamicznej tramwaju na wymuszenia pochodzące od toru, wraz z opracowaniem systemu identyfikacji tych wymuszeń w oparciu o analizę dynamiki pojazdu. Projekt ma charakter komercyjny i zakłada pełne wdrożenie finalnego produktu do eksploatacji w polskich przedsiębiorstwach eksploatujących tabor. Wyniki były częściowo publikowane w pozycji [3].

Podsumowując, opisane prace badawcze zrealizowane przez Habilitanta dotyczą zagadnienia analizy i oceny współpracy tramwaju z torem w eksploatacji naturalnej. Podjęcie tej tematyki, mając na uwadze stworzenie i przetestowanie metody badawczej,

uznają za ze wszech miar celowe. Zaproponowana metodologia badawcza zawiera wszystkie elementy procesu badawczego. Począwszy od identyfikacji zjawisk, a następnie ich modelowania, weryfikacji modelu matematycznego, procesu badań symulacyjnych i badań poligonowych oraz porównania otrzymanych wyników. Habilitant zaproponował również rozwiązania związane z opracowaniem własnych, autorskich kryteriów oceny bezpieczeństwa jazdy, opracowania nowego profilu koła tramwajowego celem poprawy współpracy koła i szyny, a także opracowanie systemu pomiarowego do monitorowania zachowania pojazdu na torze podczas jazdy. Zaproponowane przez Habilitanta ujęcie zagadnienia analizy i oceny zachowania lekkiego pojazdu szynowego w warunkach eksploatacyjnych aglomeracji miejskiej, może mieć zastosowanie również dla innych typów pojazdów szynowych. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że w trakcie realizacji wszystkich prowadzonych prac badawczych Habilitant ściśle współpracował z producentami taboru oraz przedsiębiorstwami komunikacji miejskiej, weryfikując zarówno założenia, jak i opracowane rozwiązania. W efekcie Habilitant stał się osobą rozpoznawalną w branży transportu szynowego, a w dziedzinie dynamiki pojazdów jednym z nielicznych ekspertów w Polsce. Sprawdził się również w roli kierownika zespołu prowadzącego zaawansowane badania naukowe.

Uwagi krytyczne

Sformułowane poniżej uwagi krytyczne dotyczą zamieszczonego przez Habilitanta w Autoreferacie rozdziału 4.3. pt.: *Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania*. Numeracja stron i wersów jest tożsama z rozdziałem 4.3.

1. Na stronie 16 w. 2 od góry Habilitant pisze: „*Na podstawie zgromadzonych danych, zarówno tych z wykonanych wcześniej pomiarów eksploatacyjnych, jak i z przeprowadzonej wizji lokalnej, przeprowadziłem identyfikację zjawisk tribologicznych zachodzących na styku koła i szyny w procesie eksploatacji pojazdu – takich jak np. płaskie miejsca, hamowanie z zablokowaniem koła, piasek między powierzchniami tocznymi, poślizg podczas ruszania, jazda w łuku, wjazd na iglicę zwrotnicy, przejazd przez krzyżownicę itp.*” To nie są zjawiska tribologiczne, tylko specyficzne warunki eksploatacji, które mogą wywoływać zjawiska tribologiczne.
2. W wielu miejscach pisząc o specyficznych właściwościach materiałowych Habilitant używa sformułowania: „*własności*”. Należy tu używać sformułowania: *właściwości*.
3. Na str. 16 i 17 Habilitant opisuje badania twardości kół tramwajowych, w tym badania mikrotwardości. Jak Habilitant wytłumaczyłby istotne różnice w wartościach twardości HV 10 i mikrotwardości HV 0,1 badanych kół w podobnych miejscach pomiaru?
4. Na str. 17 i 18 Habilitant zamieszcza omówienie wyników badań mikrostruktury pisząc, że: „*- brak ukonstytuowania warstwy wierzchniej obręczy oraz szyn poprzez zastosowanie technologicznych procesów obróbki powierzchniowej, wydaje się otwierać możliwości zwiększenia trwałości na drodze obróbki cieplnej lub cieplno-chemicznej.*”. Nasuwa się pytanie: w jakim celu prowadzić obróbkę powierzchniową zwiększając tylko twardość? Twardość sama w sobie nie może być miernikiem odporności na zużycie i nie można wiązać jej wzrostu z odpornością na zużycie. Może to prowadzić do kruchości i wręcz zmniejszenia odporności na zużycie w postaci pittingu lub frettingu.
5. Na str. 17 w. 7 od dołu Habilitant napisał: „*W kolejnym etapie badań wykonane zostały analizy tribologiczne zużycia profilu koła w trakcie eksploatacji. Obserwacja mikroskopowa materiału rodzimego obręczy (w rdzeniu) wskazała na występowanie struktury perlitycznej z niewielką ilością ferrytu (rys. 10).*” To w żadnym przypadku nie

są analizy tribologiczne zużycia, lecz analizy metalograficzne struktury będące wynikiem procesów tribologicznych. Tribologia to nauka o zjawiskach tarcia, zużywania i smarowania, których efektem jest obraz metalograficzny współpracujących powierzchni par trących.

6. Na str. 19 w. 4 od góry Habilitant napisał: „*Ponadto na wszystkich kołach widać zmiany wysokości obrzeża, spowodowane masą pojazdu.*” To jest bardzo duże uproszczenie. Zapewne masa pojazdu jest jedną z przyczyn wartości zużycia. Dopiero porównanie wartości zużycia obręczy wykonanej z tego samego materiału o takiej samej strukturze krystalicznej, lecz mniejszej masie tramwaju i stwierdzeniu mniejszej wartości zużycia uprawnia do tego wniosku.
7. Na str. 19 w. 8 Habilitant napisał: „*ciężar wagonów*”. Poprawnym jest oczywiście zapis: *masa wagonów*.
8. Na str. 19 w. 9 Habilitant napisał: „*Dla kół pojazdów wysokopodłogowych można odnotować jedynie niewielką zmianę wysokości obrzeża w toku eksploatacji.*” Nasuwa się kilka wątpliwości. Po pierwsze czy profil koła fabryczny w pojazdach niskopodłogowych i wysokopodłogowych był taki sam? Po drugie czy materiał z jakiego wykonano obręczę kół był w obu przypadkach taki sam? Habilitant w podsumowaniach w ogóle nie napisał nic o materiale z jakiego wykonane są koła i obręczę kół tramwaju, skupiając się jedynie na ich profilu. Podczas gdy w publikacjach wymienionych w osiągnięciu naukowym, dotyczących tych zagadnień materiał ten jest zidentyfikowany i może stanowić podstawę do stosownego wnioskowania na temat, między innymi, odporności na zużycie podczas przejazdu przez krzyżownice i zwrotnice.
9. Na str. 20 w. 24 Habilitant napisał: „*- Geometria profilu koła ma niewielki wpływ na przebieg siły pionowej Q w styku z szyną. Podczas przejazdów symulacyjnych po wybranych odcinkach toru uzyskano podobne wyniki dla wszystkich badanych profili, mimo znacznych różnic w ich zarysach.*” Wniosek ten jest oczywisty, gdyż składowa pionowa to masa pojazdu podzielona przez ilość punktów podparcia i pomnożona przez przyspieszenie ziemskie; przy założeniu warunków statycznych. W każdym razie zawsze jest to wynik rozkładu masy pojazdu, a nie profilu koła.
10. Na str. 20 w. 22 od dołu Habilitant napisał: „*...chcąc zredukować tempo ich zużywania*”. Sformułowanie to jest nieinżynierskie. Należało napisać: *chcąc zmniejszyć intensywność zużycia*.
11. Na str. 21 w. 5 od góry Habilitant napisał: „*...rozkład siły na większej powierzchni*”. Sformułowanie to jest niewłaściwe. Należało napisać: *rozkład obciążenia na większej powierzchni i w efekcie mniejsze naciski*.
12. Moim zdaniem sformułowanie: „*koła monoblokowe*” jest nieinżynierskie. Poprawnym jest sformułowanie: *koła monolityczne*.
13. Na str. 21 w. 7 od dołu habilitant napisał: „*Zdefiniowany wskaźnik szacujący energię kinetyczną obręczy i tarczy koła jest dla tych modów na ogół większy od 1. Uznałem więc za celowe działanie mające na celu wy tłumienie drgań w pobliżu tej częstotliwości.*” Czy to działanie Habilitanta jest wynikiem własnych rozważań? Koła niejednolite są znane i stosowane od wielu lat. Cel ich stosowania to, między innymi, właśnie wyeliminowanie drgań o wysokiej częstotliwości. Jak Habilitant to skomentuje?
14. Na str. 22 Habilitant w wielu miejscach nieprawidłowo stosuje pojęcie „*ciśnienie*”, zamiast *nacisk*.
15. Na str. 22 w. 11 od dołu Habilitant napisał: „*Drugim mechanizm jest pośredni: krótkookresowe nierówności toru, jakimi jest zużycie faliste powodują poprzeczne przemieszczanie się koła po szynie.*” *Zużycie faliste* to sformułowanie niewłaściwe. Można napisać: *falistość toru będąca efektem współpracy koła z torem*.

16. Na str. 22 w. 7 od dołu Habilitant napisał: „*W przeciwnym wypadku obserwowano największe wartości gęstości sił stycznych wzdłuż granicy obszarów adhezji i poślizgu.*” Co oznacza sformułowanie *gęstość sił stycznych*?
17. Na str. 23 w. 7 od góry Habilitant napisał: „- *Mimo braku śladów zużycia koła nowe wykazują bardzo niewielkie, lecz mierzalne odchyłki od kształtu okręgu*” Bardzo niewielkie to znaczy o jakiej wartości procentowej; 0,001% czy 0,1%?
18. Na str. 23 w. 25 od dołu Habilitant napisał: „*Początkowe zaokrąglenia małymi promieniami powodują znaczne obniżenie siły uderzenia koła w szynę, natomiast dalsze zwiększanie promienia zaokrąglenia powoduje wzrost tej siły.*” Zapis *obniżenie siły uderzenia koła w szynę* jest niepoprawny. Należało napisać: *zmniejszenie obciążeń udarowych*.
19. Na str. 23 w. 9 od dołu Habilitant napisał: „- *Algorytm FASTSIM powodował stosunkowo duże przeszacowanie poślizgu wiertnego w obszarze styku podczas przejazdu przez łuk o promieniu 25 m.*” Duże przeszacowanie to znaczy jakie 5%, czy 50%? Ponadto co to jest: „*poślizg wiertny*”?
20. Na str. 26 w. 1 od góry Habilitant napisał: „...z wykorzystaniem algorytmów *inspirowanych biologicznie.*” Algorytmy te mają swoją nazwę. Są to algorytmy genetyczne i nie należy tworzyć neologizmów.
21. Na str. 35 w. 16 od góry Habilitant napisał: „...szereg pomiarów *akustycznych oraz chropowatości akustycznej*”. Co oznacza pojęcie: „*chropowatość akustyczna*”?

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Aktywność naukowa dra inż. Bartosza Firlika, a w ślad za tym idący dorobek naukowy jest tematycznie związana z opisanym w punkcie 2 osiągnięciem naukowym. Łączny (wraz z publikacjami wymienionymi w osiągnięciu naukowym) dorobek obejmuje 69 publikacji.

Przed doktoratem Habilitant opublikował 6 opracowań.

Pracę doktorską pt. „*Wpływ stanu zużycia profili szyn oraz geometrii toru na bezpieczeństwo jazdy lekkiego pojazdu szynowego*” obronił w 2008 roku na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej.

Po doktoracie Habilitant wyraźnie powiększył swój dorobek publikacyjny. W szczególności jest autorem bądź współautorem 63 publikacji naukowych, w tym 8 artykułów z IF, 22 artykułów z bazy Scopus, 2 publikacji z listy A MNiSW, 20 publikacji z listy B MNiSW, 4 rozdziałów w monografiach polskich, 29 rozdziałów w materiałach konferencji międzynarodowych, 6 rozdziałów w materiałach konferencji krajowych. Ponadto opracował 64 raporty cząstkowe z realizacji 4 projektów badawczych, w wyniku realizacji których powstały osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne. Ponadto kierował 1 projektem międzynarodowym i 6 projektami krajowymi oraz przygotował 13 ekspertyz. Warto tu wyróżnić:

Artykuły w czasopismach znajdujących się w bazie JCR (nie wymienione w osiągnięciu naukowym)

1. Orczyk M., Firlik B., *The assessment of vibroacoustic comfort in trams on the basis of experimental studies and surveys*, 2018, Conference on Transport Development Challenges (TranSopot), Springer Proceedings in Business and Economics ISBN 978-3-

- 31974460-5, s. 46-55 (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie JCR).
2. Staśkiewicz T., Firlik B., 2017, *Influence of Tram Wheel Profile Geometry on Wear Intensity*, *Procedia Engineering* 192, s. 1006-1011 (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie JCR).
 3. Chudzikiewicz A., Stelmach A., Wawrzyński W., Firlik B., Czechyra B., 2016, *Vibro-acoustic evaluation of a light rail vehicle*, *Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration* (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie JCR).
 4. Czechyra B., Firlik B., Nowakowski T., 2015, *The case of using a vehicle-track interaction parameters and impact test to monitor of the tramway*, *Proceedings of the 22nd International Congress on Sound and Vibration* (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie JCR).
 5. Czechyra B., Firlik B., Tomaszewski F., 2008, *Technical state monitoring method of light rail track wear*, *Proceedings of the Fourth European Workshop on Structural Health Monitoring 2008*, Edited by: Uhl, Ostrowski, Holnicki-Szulc. DEStrech Publications, Inc., 439 North Duke Street Lancaster, Pennsylvania 17602 USA. ISBN 978-1-932078-94-7, s. 167-174 (publikacja w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględniona w bazie JCR).

Zrealizowane osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne,

1. Firlik B. (z zespołem), 2017, **Opracowanie nowego profilu koła tramwajowego dla polskich miast**, Politechnika Poznańska. kierownik projektu *"Identyfikacja i modelowanie zjawisk nieliniowych w strefie kontaktu koła z szyną, celem opracowania nowego profilu koła tramwajowego"* (LIDER/20/521/L-4/12/NCBR/2013), Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER. Udział 60%.
2. Firlik B. (z zespołem), 2016, **Opracowanie innowacyjnego tramwaju Moderus Gamma**, Politechnika Poznańska/Modertrans Poznań. Kierownik (po stronie Politechniki Poznańskiej) projektu *"Innowacyjny tramwaj miejski"* (UOD-DEM-1-281/00), Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu DEMONSTRATOR+. Udział 10%
3. Firlik B. (z zespołem), 2013, **Opracowanie systemu monitorowania stanu technicznego lekkiego pojazdu szynowego**, Politechnika Warszawska. Kierownik zespołu, który był odpowiedzialny za wykonanie systemu w ramach projektu *"Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji i Ocena jej Żywotności"* (POIG.01.01.02-00-013/08). Udział 50%
4. Firlik B. (z zespołem), 2013, **Opracowanie systemu monitorowania stanu technicznego toru tramwajowego**, Politechnika Warszawska. Kierownika zespołu, który był odpowiedzialny za wykonanie systemu w ramach projektu *"Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji i Ocena jej Żywotności"* (POIG.01.01.02-00-013/08). Udział 50%.

Monografie i rozdziały w książkach:

1. Firlik B., 2014, *Light Rail Vehicles and Track Condition Monitoring for Improved Operational Safety*, w: *Selected Dynamical Problems in Mechanical Systems, Theory and Applications in Transport*, Editors: Andrzej Chudzikiewicz, Roman Bogacz, Georg-Peter Ostermeyer, Oficyna Wydawnicza PW, 2014, ISBN 978-83-7814-282-9, s. 33-42.
2. Czechyra B., Firlik B., 2012, *Badania eksperymentalne systemu monitorowania stanu technicznego lekkiego pojazdu szynowego oraz toru*. w: *Monitorowanie stanu układu*

dynamicznego pojazdu szynowego – tor, Praca zbiorowa pod red. A. Chudzikiewicza, s. 157-179. Udział 50%.

3. Belter S., Firlik B., Kukawka B., Łożykowska A., Ulatowski M., Wątorowski T., 2011, *Smart Sensor Networks for Continuous Monitoring and Prediction of Technical Condition of Light Rail Vehicles*, w: *Information Technology and its Applications*, Edited by: Biały, Sobaniec, Sobczak, Walter, Wróblewski. Poznań 2011, NAKOM. ISBN 978-83-89529-82-4, s. 197-210.

Kierowanie międzynarodowymi projektami badawczymi:

1. *Decision supporting tools for implementation of cost-efficient railway noise abatement measures* (Grant agreement ID: 730829), 2016 – 2018, Komisja Europejska w ramach programu Horyzont 2020 (Programme H2020-EU.3.4.8.6. - Cross-cutting themes and activities, Topic S2R-OC-CCA-03-2015 - Noise reduction methodologies), kierownik projektu po stronie Politechniki Poznańskiej.

Kierowanie krajowymi projektami badawczymi:

2. *Tramwaj pomiarowy do pomiarów parametrów i oceny stanu infrastruktury* (POIR.01.02.00-00-0190/16), 2017 – 2021, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu sektorowego INNOTABOR (finansowanie prac B+R na rzecz przedsiębiorców w sektorze innowacyjnego taboru szynowego do przewozów pasażerskich, towarowych i specjalnego przeznaczenia), **kierownik projektu** po stronie spółki TechSolutions Group (członka konsorcjum w projekcie).
3. *Opracowanie technologii obniżenia kosztu eksploatacji koła tramwajowego drogą stopniowego wprowadzania do eksploatacji koła innowacyjnego uniwersalnego*, 2016 – 2018, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa”, **kierownik projektu** po stronie Politechniki Poznańskiej.
4. *MFB - rodzina średniopodłogowych wózków tramwajowych* (INNOTECH-K3/IN3/4/225774/NCBR/14), 2014 – 2017, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu INNOTECH (wsparcie nauki i przedsiębiorstw w zakresie realizacji innowacyjnych przedsięwzięć z różnych dziedzin nauki i branż przemysłu), **kierownik projektu** po stronie Politechniki Poznańskiej.
5. *Identyfikacja i modelowanie zjawisk nieliniowych w strefie kontaktu koła z szyną, celem opracowania nowego profilu koła tramwajowego* (LIDER/20/521/L-4/12/NCBR/2013), 2014 – 2017, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER (wsparcie rozwoju kadry naukowej, a w szczególności podniesienie kompetencji w samodzielnym planowaniu, zarządzaniu oraz kierowaniu zespołem badawczym poprzez realizację projektów badawczych o charakterze aplikacyjnym), **kierownik projektu**.
6. *Innowacyjny tramwaj miejski* (UOD-DEM-1-281/00), 2013 – 2016, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu DEMONSTRATOR+ (wsparcie badań naukowych i prac rozwojowych w skali demonstracyjnej), **kierownik projektu** po stronie Politechniki Poznańskiej.

Udział w międzynarodowych projektach badawczych:

1. *Accessible and inclusive mobility for all with individual travel assistance* (ERANETTransport-III/6/2014), 2014 – 2016, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach

inicjatywy ENT-III Flagship Call 2013 Future Travelling, ekspert merytoryczny w zakresie funkcjonowania systemów transportu miejskiego w Polsce.

Działalność naukowa dra inż. Bartosza Firlika po doktoracie skupiła się na kontynuacji prac w zakresie analizy zagadnień współpracy tramwaju z torem w warunkach eksploatacji naturalnej. Na szczególną uwagę zasługuje działalność badawcza Habilitanta i współpraca z przemysłem. Uczestniczył w realizacji 5 projektów badawczych wykonywanych w ramach programów finansowanych przez KBN, NCBiR oraz Komisję Europejską. Na uwagę zasługują tu: „Projekt wózka tramwajowego z dwustopniowym usprężynowaniem, dla toru 1000 mm, z silnikami prądu przemiennego lub stałego” (KBN nr N R10 0037 06), w którym byłem głównym wykonawcą, „Innowacyjny pakiet podsystemów poprawiających właściwości funkcjonalne i eksploatacyjne lekkich pojazdów szynowych” (POIG.01.04.00-30-336/13), realizowanym ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Wnioskodawcą i liderem projektu była firma Solaris Bus & Coach, – „Innowacyjny tramwaj miejski” w ramach programu DEMONSTRATOR+ (wsparcie badań naukowych i prac rozwojowych w skali demonstracyjnej), „MFB - rodzina średniopodłogowych wózków tramwajowych” w ramach programu INNOTECH (wsparcie nauki i przedsiębiorstw w zakresie realizacji innowacyjnych przedsięwzięć z różnych dziedzin nauki i branż przemysłu), „Opracowanie technologii obniżenia kosztu eksploatacji koła tramwajowego drogą stopniowego wprowadzania do eksploatacji koła innowacyjnego uniwersalnego”, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Na uwagę zasługuje fakt, że wszystkim wiodącym tematami w działalności naukowej dra inż. Bartosza Firlika towarzyszyły otrzymane projekty badawcze, którymi Habilitant kierował lub w nich uczestniczył, jako Główny Wykonawca.

Sumaryczny Impact Factor (IF) dra inż. Bartosza Firlika jest równy **4,343**.

Liczba cytowań według Web of Science jest równa **5**. W efekcie liczby cytowań indeks Hirshe’a według Web of Science jest równy **1**.

Liczba cytowań według Scopus jest równa **26**. W efekcie liczby cytowań indeks Hirshe’a według bazy Scopus jest równy **2**.

Liczba cytowań według Google Scholar jest równa: **67**. W efekcie liczby cytowań indeks Hirshe’a według Google Scholar jest równy: **4**.

Po doktoracie dr inż. Bartosz Firlik wygłosił **8** referatów na konferencjach zagranicznych, **31** na międzynarodowych konferencjach w Polsce. Ogółem brał udział w **39** konferencjach, w tym uczestniczył w komitetach organizacyjnych niektórych z nich.

Habilitant jest członkiem **2** krajowych organizacji i towarzystw naukowych.

Osiągnięcia dydaktyczne dra inż. Bartosza Firlika w zakresie popularyzacji nauki sprowadzają się do budowy licznych stanowisk dydaktycznych, organizacji warsztatów oraz pokazów i opracowania szeregu autorskich programów nauczania.

Habilitant wypromował **48** inżynierów oraz **32** magistrów inżynierów. Był również opiekunem **107** semestralnych prac przejściowych. Jest również założycielem i opiekunem Koła Naukowego Inżynierów Transportu Publicznego na Politechnice Poznańskiej na Wydziale Inżynierii Transportu.

Jest również promotorem pomocniczym **4** otwartych przewodów doktorskich.

Brał udział w stażach zagranicznych. Efektem czego było wzbogacenie aparatury badawczo-pomiarowej wykorzystywanej w Politechnice Poznańskiej, w której jest zatrudniony bez przerwy od rozpoczęcia pracy zawodowej w 2008 roku.

Dr inż. Bartosz Firlik recenzował publikacje dla czasopism:

1. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 2017; 1.
2. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, seria „TRANSPORT”, 2017; 1.
3. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 2015 – 2017; 4.
4. The Archives of Transport, 2016; 1.
5. Logistyka, 2015; 2
6. Measurement, 2015; 1

Habilitant jest laureatem 6 nagród Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe, organizacyjne i dydaktyczne w latach akademickich 2007/2008, 2008/2009, 2011/2012, 2012/2013, 2014/2015 i 2015/2016.

Podsumowując, istotna aktywność naukowa dra inż. Bartosza Firlika jest spójna tematycznie i spełnia wymagania stawiane kandydatowi do stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych.

4. Podsumowanie

Całokształt dorobku naukowego i badawczego dra inż. Bartosza Firlika oceniam pozytywnie, zwłaszcza w zakresie eksperymentalnych prac naukowo-badawczych związanych ze zjawiskami dynamicznej współpracy tramwaju z torem.

W podsumowaniu stwierdzam, że osiągnięcie naukowe i istotna aktywność naukowa udokumentowana dorobkiem naukowym dra inż. Bartosza Firlika odpowiada warunkom określonym w Ustawie o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. z późniejszymi zmianami oraz Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dziennik Ustaw nr 196) i uzasadnia nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie: nauki inżynieryjno-techniczne i dyscyplinie: inżynieria lądowa i transport.

Stawiam, zatem wniosek o dopuszczenie dra inż. Bartosza Firlika do dalszego procedowania, celem nadania stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych.

Andrzej Koźmiński