

Wpłynęło: Data 2.05.2020
LdzWIM.....12.1037

Wrocław, 15.05.2020 r.

Prof. dr hab. inż. Tomasz Nowakowski
Politechnika Wrocławska
Katedra Eksploatacji Systemów Technicznych
Wyb. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

RECENZJA

w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

dr. inż. Michałowi PAJĄKOWI

1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania **recenzji** w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego (dziedzina: nauki inżynieryjno-techniczne; dyscyplina: inżynieria mechaniczna) dr. inż. Michałowi Pająkowi jest pismo dr. hab. inż. Bogdana Ligaja, prof. uczelni, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Techniczno-Przyrodniczego im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy z dnia 07.04.2020 r.

Załączona dokumentacja wniosku zawiera: dane wnioskodawcy, odpis dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny; pełne teksty publikacji składających się na główne osiągnięcie naukowe wnioskodawcy; informację o przebiegu przewodu habilitacyjnego oraz informatyczny nośnik danych z elektroniczną kopią dokumentów.

2. Charakterystyka Kandydata

Dr inż. Michał Pająk urodził się w 1969 r. w Radomiu. Studia wyższe ukończył w 1993 r. na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 2004 r. na Wydziale Mechanicznym Politechniki Radomskiej na podstawie rozprawy doktorskiej pt.: „Optymalizacja harmonogramów remontów bloków energetycznych elektrowni”. Od 1999 r. pracuje na

Wydziale Mechanicznym Politechniki Radomskiej; obecnie Uniwersytecie Technologiczno-Humanistycznym w Radomiu na stanowiskach wykładowcy i adiunkta. Był również zatrudniony na Wydziale Transportu Politechniki Radomskiej, Wydziale Ochrony Środowiska Prywatnej Wyższej Szkoły Ochrony Środowiska i Wydziale Informatyki Wyższej Szkoły Finansów i Bankowości.

W 2011 r. ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Podstawą postępowania była monografia pt.: „Model sterowania procesem ubytku potencjału użytkowego złożonych systemów technicznych”. Na skutek uzyskania czterech negatywnych recenzji Rada Wydziału odmówiła dopuszczenia do kolokwium habilitacyjnego.

3. Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego

Zgodnie z wnioskiem kandydata z dnia 18 listopada 2019 roku osiągnięciem naukowym będącym podstawą przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna jest jednotematyczny cykl publikacji pt.: „Model systemowy potencjału użytkowego oraz jego zmian zachodzących w procesach eksploatacji złożonych obiektów technicznych”.

Na cykl publikacji składa się 9 jednoautorskich prac:

1. *The Analysis of Usefulness of Operational Potential Consumption Models to Control Complex Technical Systems Maintenance*. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 17 No. 2, Warszawa (pp. 387 - 395) 2010.
2. *Types of the states' space of complex technical systems*. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 18 No. 3, Warszawa (pp. 323 - 331) 2011.
3. *The technical states' space in the modelling process of operation tasks of a complex technical system*. Maintenance Problems, 1/2014, ITeE - PIB, Radom (pp. 15 - 33) 2014.
4. *Operational potential of a complex technical system*. Maintenance Problems, 4/2015, ITeE - PIB, Radom (pp. 99 - 113) 2015.
5. *Operation and service processes expressed in the technical states space of a system*. Maintenance Problems, 1/2016, ITeE - PIB, Radom (pp. 65 - 81) 2016.

6. *Fuzzy modeling of cardinal features of a complex technical system.* Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice, CRC Press Taylor & Francis Group, ESREL 2016 European Safety and Reliability Conference, Glasgow (pp. 62 - 78) 2016.
7. *Modelling of the operation and maintenance tasks of a complex power industry system in the fuzzy technical states space.* Proceedings of 18th International Scientific Conference EPE 2017 (Electric Power Engineering), Kouny nad Desnou, (DOI 10.1109/EPE.2017.7967234) 2017.
8. *Identification of the operating parameters of a complex technical system important from the operational potential point of view.* Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, Vol. 232, Issue 1, (pp. 62 - 78) 2018.
9. *Fuzzy identification of a threat of the inability state occurrence.* Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, Vol. 35 No. 4, IOS Press, Amsterdam, (pp. 3597 - 3604) 2018.

Cykl publikacji obejmuje 7 artykułów w czasopismach (2 czasopisma z IF) i 2 artykuły w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowej. Przy czym tylko kwartalnik „Maintenance Problems” i materiały konferencji European Safety and Reliability Conference ESREL są tematycznie związane z zagadnieniami teorii eksploatacji obiektów i systemów technicznych stanowiącymi istotę ocenianego osiągnięcia naukowego.

Celem tak zestawionego cyklu publikacji, według autoreferatu, jest opis etapów badań prowadzących do sformułowania systemowego modelu potencjału użytkowego i jego zastosowania do modelowania procesów eksploatacyjnych i identyfikacji stanów technicznych złożonych systemów technicznych.

Pozycja 1 zawiera koncepcję modelu zużycia potencjału użytkowego bazującą na analizie literaturowej modeli stosowanych do opisu procesów eksploatacji złożonych systemów technicznych oraz modeli analitycznych opisujących zależności procesu zużycia części maszyn od przebiegów czasowych czynników wymuszających.

Analizowana bibliografia obejmuje wyłącznie publikacje w języku polskim (2 pozycje w języku angielskim na 29 cytowanych; dotyczące metod przetwarzania sygnałów i procesów decyzyjnych Markowa). Brakuje podstawowych publikacji z zakresu teorii eksploatacji autorstwa np. J. Koniecznego („Wstęp do teorii eksploatacji urządzeń” , WNT Warszawa 1971), S. Piaseckiego, E. Olearczuka, Z. Smalko czy A. Mazurkiewicza. Brakuje publikacji

zagranicznych, choćby z materiałów konferencyjnych European Maintenance Congress „Euromaintenance”.

W pracy 2 wykorzystano pojęcie cech kardynalnych. W zakresie ich zmienności wyróżniono wartości charakterystyczne definiując przestrzeń cech systemu, w której stan systemu jest odwzorowany przy pomocy punktu, a przedziały charakterystyczne cech określają obszary stanów. Bazując na wartości tych samych cech charakterystycznych określono typ przestrzeni stanów niezawodnościowych, stanów użytkowych, stanów jakościowych i stanów bezpieczeństwa. W przestrzeni stanów niezawodnościowych wyróżniono obszary stanów zdatności, stanów niezdatności i stanów ograniczonej zdatności. W przestrzeni stanów użytkowych - obszary stanów pracy optymalnej, stabilnej i awaryjnej. W przestrzeni stanów jakościowych - obszar stanów pożądanej jakości działania i niepożądanej jakości działania. W przestrzeni stanów bezpieczeństwa - obszar stanów bezpieczeństwa systemu, zagrożenia bezpieczeństwa i zawodności bezpieczeństwa.

Zasadnicze zastrzeżenie budzi koncepcja definiowania przy pomocy tych samych cech obiektu / systemu tak różnych właściwości modelowanego obiektu jak niezawodność, użyteczność, jakość czy bezpieczeństwo. Na przykład ocena bezpieczeństwa obiektu powinna bazować nie tylko na określeniu możliwości wystąpienia zdarzenia niepożądanego / uszkodzenia, ale także na ocenie skutków tego zdarzenia dla życia i zdrowia człowieka, degradacji środowiska naturalnego czy strat we współdziałających obiektach / systemach technicznych.

Przedstawiony model ma charakter statyczny i deterministyczny. Nie uwzględniono zmienności cech obiektu w czasie eksploatacji oraz losowości analizowanych procesów degradacji.

Praca 3 wykorzystuje model zaprezentowany w pracy 2 (brak powołania w literaturze – np. rys.1) i modyfikuje go w celu zdefiniowania obszaru stanów granicznych systemu. Dla jednowymiarowego modelu przestrzeni stanów przedstawiono przykład obliczeniowy dla elementu rurowego układu zasilania w paliwo podgrzewacza pary OP-650k-040. Wyznaczono wartości charakterystyczne stanu zdatności tego elementu.

Brak informacji o źródle pochodzenia danych eksploatacyjnych. Równania dotyczące procesów degradacji rury zaczerpnięto z cytowanej dokumentacji technicznej.

W pracy 4 została przeprowadzona analiza definicji potencjału użytkowego prezentowanych w aktualnych publikacjach polskich. Wskazano na różne interpretacje pojęcia i zaproponowano własną definicję wykorzystującą opublikowany (praca 3) model

przestrzeni stanów. Zdefiniowano pojęcie ilości potencjału użytkowego zawartego w systemie jako długość wektora o początku znajdującym się w początku układu współrzędnych przestrzeni stanów technicznych systemu i końcu w punkcie odwzorowującym stan rzeczywisty systemu. Wprowadzono definicję ilości dysponowanej potencjału użytkowego jako ilości potencjału użytkowego, możliwej do przetworzenia w efekt działania systemu. Sformułowano ograniczenia dotyczące utrzymania w systemie w każdej chwili jego użytkowania dodatknej ilości dysponowanego potencjału użytkowego. Wykorzystano dane eksploatacyjne zaprezentowane w pracy 3 (brak cytowania własnej publikacji !) do przeprowadzenia przykładu obliczeniowego.

Wprowadzona definicja jest oryginalna, ale dyskusyjna ze względu na ulokowanie początku wektora w początku układu współrzędnych z czego wynika dodatnia wartość potencjału użytkowego systemu także w stanie niezdatności. Stąd potrzeba wprowadzenia także pojęcia dysponowanego potencjału użytkowego i dodatkowego definiowania / oceniania potencjału użytkowego wymaganego do efektywnego działania. Brak interpretacji wprowadzonych pojęć. Warto dodać, że w literaturze dotyczącej metod Maintenance 4.0 jednym z takich parametrów sterujących kwalifikowaniem systemu do wykonania obsługi jest dobrze zdefiniowany pozostały czas zdatności RUL.

Artykuł – pozycja 5 – rozwija model przedstawiony w pracy 4 o trajektorie zmiany potencjału użytkowego w czasie realizacji procesu użytkowania i obsługiwanian. Wprowadzono i zdefiniowano pojęcie stanu granicznego optymalnego jako należącego do konturu obszaru stanów zdatności, dla którego ilość potencjału użytkowego zawartego w systemie jest najmniejsza. Stwierdzono, że zmiana ilości dysponowanego potencjału użytkowego systemu zachodząca w czasie realizacji procesu użytkowania nie zależy od trajektorii, po której przemieszcza się punkt odwzorowujący stan systemu, a jedynie od jego położenia początkowego i końcowego. Przedstawiono przykład obliczeniowy (dane jak w pracy 3; brak cytowania źródła). Określono ilość dysponowaną potencjału użytkowego na początku procesu użytkowania i obsługiwanian, w końcowej fazie tych procesów oraz procent potencjału przetworzonego w efekt działania systemu.

W pracy 6 wskazano na możliwe niedokładności przy wykonywaniu pomiarów wartości cech systemu. Dla modelu omówionego w pracy 3 zaproponowano wzory pozwalające na wykorzystanie teorii zbiorów rozmytych. Przedstawiono sposób takiego modelowania do wyznaczenia funkcji przynależności dla cech kardynalnych przykładowego

obiektu OP-650k-040 (dane za pracą 3). Stwierdzono, że zastosowanie takiego modelowania pozwala na analizę możliwości wystąpienia stanu niezdatności.

Pozycja 7 stanowi rozwinięcie artykułu 6, w którym rozważano model 1 wymiarowy, poprzez wprowadzenie drugiego wymiaru i analizowanie rozmytej przestrzeni stanów dla dwóch cech kardynalnych obiektu. Podano formułę do wyznaczania wielowymiarowego zbioru rozmytego dla optymalnego stanu granicznego systemu na podstawie rozmytych wartości i -tych cech systemu. Dla danych eksploatacyjnych – praca 3 – omówiono sposób obliczania funkcji przynależności dla rozmytego zbioru wartości granicznej odchyleń definiujących stan obiektu.

W publikacji 8 zaprezentowany został sposób wyboru najistotniejszych potencjałowo parametrów procesu użytkowania. Wykorzystano metodę rozszerzenia średnich rozmytych dla przestrzeni funkcyjnych. Przebiegi czasowe parametrów procesu użytkowania zinterpretowane zostały jako sygnały impulsowe o ograniczonej energii będące punktami przestrzeni sygnałów impulsowych o ograniczonej energii przekształconej następnie do przestrzeni liniowej Hilberta. Przyjęto, że miarą podobieństwa sygnałów impulsowych o ograniczonej energii jest unormowany współczynnik korelacyjny, który posłużył do wyznaczenia odległości sygnałów w zadanej przestrzeni.

Taką miarę zastosowano do analizy przebiegów czasowych parametrów procesu użytkowania obiektu OP-650k-040 analizowanego także w innych pracach. Analiza została przeprowadzona metodą wykresów średnich rozmytych na zbiorze 23 parametrów procesu użytkowania, z którego wybrano 4 cechy kardynalne uznane za istotne dla wyznaczenia przestrzeni stanów technicznych obiektu. Dzieląc zbiór danych na dwa podzbiory: służący do modelowania i służący do weryfikacji obliczono błędy dla modeli cech poniżej 15%, co uznano za poprawne.

W pracy 9 wykorzystano zdefiniowane w pracy 4 pojęcie potencjału użytkowego i pojęcie ilości dysponowanej potencjału użytkowego. Podano sposób obliczania długości odpowiednich wektorów w rozmytej przestrzeni stanów technicznych systemu. Punktem końcowym, ewentualnie początkowym jest położenie środka ciężkości zbioru rozmytego odpowiedniego stanu. Sformułowano także metodę wyznaczania stopnia zagrożenia wystąpieniem stanu niezdatności. Opracowaną metodę wykorzystano do określenia stopnia zagrożenia wystąpieniem stanu niezdatności oraz określenia jakości realizowanych procesów użytkowania przykładowego obiektu OP-650k-040.

Podsumowując treść publikacji składających się na osiągnięcie naukowe pt. „Model systemowy potencjału użytkowego oraz jego zmian zachodzących w procesach eksploatacji złożonych obiektów technicznych” uważam, że stanowią spójny tematycznie i konsekwentnie rozwijany od prostego, stacjonarnego, zdeterminowanego modelu przestrzeni stanów obiektu do modeli uwzględniających zmiany cech obiektu w czasie oraz modeli korzystających z logiki rozmytej do definiowania granic pomiędzy parametrami. Należy także podkreślić wysoki poziom merytoryczny stosowanych notacji formalnych.

Uważam jednak, że z punktu widzenia dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, osiągnięcie naukowe nie zostało przez habilitanta zrealizowane. Przedstawione modele mają charakter bardzo ogólny i ich związek z procesami eksploatacji czy potencjałem użytkowym ma charakter werbalny. Te same modele mogą równie dobrze dotyczyć np. diagnozowania stanu technicznego obiektu czy oceny jakości usług przez klienta. Brak jest doświadczalnej weryfikacji poczynionych założeń, która wskazywałaby na odpowiedniość modeli dla analizowania czy oceny procesu użytkowania systemu technicznego. Wszystkie prace korzystają z wyników badania jednego obiektu energetycznego. Brakuje także odniesienia do publikacji międzynarodowych w zakresie utrzymania systemów technicznych; prace naukowo-badawcze rozwijają się obecnie bardzo intensywnie wraz z możliwościami taniego i bardzo dokładnego gromadzenia danych o parametrach pracy obiektów, możliwościami przetwarzania dużych zbiorów danych (Big Data) i nowymi zagrożeniami infrastruktury krytycznej (są nawet normy np. ISO 3000).

Nie mogę więc pozytywnie ocenić stopienia realizacji osiągnięcia naukowego pt.: „Model systemowy potencjału użytkowego oraz jego zmian zachodzących w procesach eksploatacji złożonych obiektów technicznych”.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej

Z wykazu publikacji w ujęciu ilościowym dr M. Pająka (załącznik 5) wynika, że sumaryczny dorobek publikacyjny wynosi 91 publikacji.

Przed uzyskaniem stopnia doktora sumaryczny dorobek wynosi 9 publikacji, w tym 2 prace w czasopiśmie i 6 publikacji w materiałach konferencji o zasięgu krajowym i międzynarodowym.

Po uzyskaniu stopnia doktora sumaryczny dorobek naukowy kandydata wynosi w sumie 82 publikacje, z tego 46 pozycji opublikowanych przed pierwszym wnioskiem o

wszczęćcie przewodu habilitacyjnego. W sumie, po doktoracie dr M. Pająk opublikował 42 artykuły w czasopismach, głównie o zasięgu międzynarodowym (39); 10 czasopism z IF od 0,415 do 1,426 (8 publikacji po złożeniu pierwszego wniosku). Samodzielnych artykułów jest 16. Najczęściej prace były publikowane w czasopismach:

- Journal of KONES – 15 razy,
- Problemy Eksploatacji – Maintenance Problems – 5 razy,
- Zagadnienia Eksploatacji Maszyn / Scientific Problems of Machine Operation nad Maintenance – 4 razy,
Spośród czasopism z IF:
- Polish Maritime Research – 4 razy,
- Journal of Intelligent & Fuzzy Systems – 2 razy.

Na dorobek naukowy składają się także rozdziały w monografiach i recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowych w liczbie 9 oraz 31 referatów konferencyjnych (12 w języku angielskim). Najczęściej udział w konferencjach dotyczy: Ogólnopolskiego Seminarium Odnawialne Źródła Energii, konferencji motoryzacyjnych: KONMOT, TRANSKOMP, International Scientific Seminar on Developments in Machinery Design and Control. Po doktoracie udokumentowano 39 wystąpień na konferencjach.

Wskaźniki bibliometryczne Kandydata wynoszą:

- sumaryczny *impact factor*: 8,833;
- liczba cytowań (wg Web of Science): 41 (bez autocytowań: 26);
- współczynnik Hirscha (wg Web of Science): 5 (bez autocytowań: 3).

Najczęściej cytowaną pracą jest: Landowski B., Pająk, Żółtowski B., Muślewski Ł., *Method of building a model of operational changes for the marine combustion engine describing the impact of the damages of the engine on the characteristics of its operation process* (opublikowana w 2017 r.) – 9 cytowań. Najczęściej cytowane prace zostały opublikowane w latach 2015 – 2018, co wskazuje na duży potencjał w rozpowszechnianiu aktualnych prac naukowych.

W zakresie aktywności badawczej Kandydata należy wymienić grant MNiSW z lat 2008 – 2010 w którym był głównym wykonawcą, kierowanie 2 pracami badawczymi własnymi w latach 2006 – 2012 oraz współwykonawstwo 4 prac badawczych statutowych w latach 2005 – 2019. Realizował także 11 prac badawczych dla przedsiębiorstw w latach 1997 – 2017 dotyczących opracowania oprogramowania komputerowego wspomagającego zarządzanie firmami.

Dr M. Pająk jest członkiem zespołów redakcyjnych 3 międzynarodowych czasopism naukowych. Wykonał 28 recenzji prac naukowych publikowanych w czasopismach międzynarodowych.

Podsumowując ocenę w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych dr M. Pajaka, uważam, że są **wystarczające** do starania się o stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

5. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr M. Pająk rozpoczął pracę dydaktyczną w 1996 r. od umowy z Wydziałem Transportu Politechniki Radomskiej

Od 2005 r. jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Zakładzie Techniki Ciepłej Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Technologiczno - Humanistycznego w Radomiu. Prowadzi zajęcia dydaktyczne w języku polskim i angielskim z dziedziny budowy i eksploatacji urządzeń i układów energetycznych, klimatyzacyjnych, wentylacyjnych i grzewczych, energetyki, termodynamiki, automatyki i sterowania oraz informatyki.

Był promotorem dwudziestu pięciu prac magisterskich i inżynierskich. Obecnie pełni funkcję opiekuna pomocniczego doktoranta. Trzykrotnie był koordynatorem naukowym w trakcie pobytu grupy studentów z Francji w ramach programu Erasmus. Prowadził zajęcia dydaktyczne we Francji, w Bułgarii, na Litwie, w Chorwacji, w Grecji i w Portugalii.

Pełnił funkcję instytutowego koordynatora ds. wprowadzania danych jednostki organizacyjnej do systemu POLON oraz członka komisji ds. Oceny Efektów Kształcenia na kierunku Inżynieria Odnawialnych Źródeł Energii prowadzonego na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technologiczno - Humanistycznego w Radomiu.

Podsumowując działalność dydaktyczną i organizacyjną dr. M. Pajaka należy podkreślić, że jest w pełni kompetentnym nauczycielem akademickim aktywnym w realizacji zadań organizacyjnych dla Uczelni i tę sferę aktywności zawodowej **oceniam pozytywnie**.

6. Wniosek końcowy

Z przedstawionych wyżej ocen częściowych dotyczących: *osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, istotnej aktywności naukowej oraz działalności dydaktycznej i organizacyjnej* dr. inż. Michała Pajaka wynika, że wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego w Ustawie z

dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668) **nie** zostały spełnione w **stopni dostatecznym**.

Wobec powyższego **nie** wyrażam **pozytywnej opinii** w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Michałowi Pająkowi przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Techniczno-Przyrodniczego im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy w dziedzinie **nauk inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie **inżynieria mechaniczna**.

