

Recenzja osiągnięć naukowych dra inż. Rafała Andrzeja Perza w aspekcie spełnienia kryteriów związanych z nadaniem stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

1. Podstawa przygotowania recenzji

Recenzję przygotowano na podstawie pisma z dnia 3 marca 2025 r. podpisanego przez Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, informującego o powołaniu mnie w dniu 12 lutego 2025 r. przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej na recenzenta w postępowaniu o nadanie dr. inż. Rafałowi Andrzejowi Perzowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Podstawę prawną wykonania recenzji stanowi art. 219, ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. z 2020 roku poz. 85, z późn. zm.) oraz wskazania zawarte w poradniku pt. „Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego” przygotowanym przez Radę Doskonałości Naukowej znajdującym się na stronie internetowej <https://www.rdn.gov.pl/dobre-praktyki.poradnik-postepowania-dotyczace-nadawania-stopnia-doktora-habilitowanego.html>.

2. Sylwetka Habilitanta

Z załączonej dokumentacji wynika, iż dr inż. Rafał Perz ukończył studia pierwszego i drugiego stopnia na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn na Politechnice Warszawskiej, uzyskując tytuł zawodowy inżyniera w 2008 roku, a tytuł magistra w roku 2010. Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie mechanika uzyskał w 2014 roku na podstawie rozprawy „Design and optimization of the heating pipeline system supplying a group of residential towers”. Promotorem rozprawy był dr hab. inż. Marek Matyjewski, prof. Uczelni. W 2010 roku Kandydat został zatrudniony na stanowisku asystenta badawczo-dydaktycznego w Instytucie Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej Politechniki Warszawskiej, a od października 2016 roku na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego, na którym pracuje do chwili obecnej.

Aktywność naukowa Habilitanta obejmuje zagadnienia inżynierii mechanicznej, w zakresie rozwijania metod badawczych, zarówno eksperymentalnych, jak i obliczeniowych stosowanych w mechanicznych konstrukcjach lotniczych, wpływających na ich bezpieczeństwo i niezawodność oraz rozwój efektywności operacyjnej bezzałogowych statków powietrznych. Dodatkowo, Kandydat wykazał aktywność projektową poprzez zaimplementowanie doświadczeń naukowych związanych z kompozytami stosowanymi w lotnictwie w swoim oryginalnym rozwiązaniu projektowym, dotyczącym kompozytowych gitar elektrycznych. Praca naukowo-badawcza dr. inż. Rafała Perza, prowadzona głównie na Politechnice Warszawskiej, uzupełnia aktywność naukowa w polskich i zagranicznych jednostkach naukowych oraz w podmiotach otoczenia społeczno-gospodarczego. Potwierdzeniem aktywności naukowej są m.in. liczne publikacje i referaty konferencyjne, udział w projektach badawczych, patenty, wdrożone technologie i produkty, odbyte staże oraz pełnienie obowiązków promotora pomocniczego w przewodach doktorskich.

Aktywność dydaktyczna dr inż. Rafała Perza obejmuje prowadzenie zajęć dydaktycznych dla studentów Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej, promotorstwo prac dyplomowych oraz opieka nad studenckim kołem naukowym. Aktywność w tym zakresie to również podnoszenie kompetencji zawodowych poprzez udział w licznych szkoleniach.

Aktywność organizacyjna obejmuje m.in. członkostwo w Radzie Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej oraz założycielstwo kilku startupów technologicznych.

Podsumowując, przedłożony wniosek potwierdza konsekwentny rozwój naukowy dr. inż. Rafała Perza po uzyskaniu stopnia doktora.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Rafał Perz do oceny dorobku naukowego w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego wskazał dwa osiągnięcia w dyscyplinie inżynieria mechaniczna:

- a) **jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany „Rozwój eksperymentalnych i obliczeniowych metod badawczych w lotnictwie, ukierunkowany na zwiększenie bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności zadań pomiarowych i rejestracyjnych, szczególnie w odniesieniu do bezzałogowych statków powietrznych (BSP)”, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy; oraz**
- b) **zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe pt.: „Opracowanie i wdrożenie rodziny innowacyjnych w skali świata kompozytowych gitar elektrycznych „RUF Guitars”, oraz założenie i rozwój startupu RUF Sp. z o.o. w celu komercjalizacji osiągnięcia”, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c.**

3.1. Jednotematyczny cykl publikacji

Podstawowe informacje o osiągnięciu i dorobku naukowym Habilitanta

Wskazane przez dr inż. Rafała Perza osiągnięcie naukowe pt. **„Rozwój eksperymentalnych i obliczeniowych metod badawczych w lotnictwie, ukierunkowany na zwiększenie bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności zadań pomiarowych i rejestracyjnych, szczególnie w odniesieniu do bezzałogowych statków powietrznych (BSP)”** zawarte jest w jednotematycznym cyklu 24 publikacji, z czego 17 artykułów w czasopismach naukowych znajdujących się w wykazie ministra właściwego ds. nauki oraz 7 prac opublikowanych w wydawnictwach pokonferencyjnych spoza wykazu. Cykl prac przedstawionych jako osiągnięcie naukowe Kandydata opublikowano w latach 2016-2024, a punktacja publikacji plasuje się od 20 do 140 punktów (wg „nowej” punktacji):

Artykuły w czasopismach naukowych

1. Perz Rafał, Igor Dąbrowski, Filip Zakrzewski, Michał Kuminiarczyk, Kopyt Antoni: A Comprehensive Experimental Study on Head Trauma in a 3-Year-Old Child Due to Unmanned Aerial Vehicle Collisions, Acta of Bioengineering and Biomechanics, Politechnika Wroclawska - Oficyna Wydawnicza, vol. 25, 2024, s. 1-20, DOI:10.37190/ABB-02365-2023-03, 100 punktów, IF(1,073)
2. Perz Rafał: The Multidimensional Threats of Unmanned Aerial Systems: Exploring Biomechanical, Technical, Operational, and Legal Solutions for Ensuring Safety and Security, Archives of Transport, Polish Academy of Sciences Committee of Transport, vol. 69, nr 1, 2024, s. 91-111, DOI:10.61089/aot2024.h7j32562, 100 punktów
3. Palka Marek, Patrycja Miszczyk, Maciej Jurewicz, Perz Rafał: Finite element method analysis of bone stress for variants of locking plate placement, Heliyon, Elsevier Ltd, 2024, Numer artykułu: HLY 26840, s. 1-26, DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e26840, vol. 10, nr 8, 2024, 40 punktów, IF(4,000)
4. Popek Łukasz, Perz Rafał, Galiński Grzegorz: Comparison of Different Methods of Animal Detection and Recognition on Thermal Camera Images, Electronics (Switzerland), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 12, nr 2, 2023, s. 1-9, DOI:10.3390/electronics12020270, 140 punktów, IF(2,412)

5. Popek Łukasz, Perz Rafał, Galiński Grzegorz, Abratański Artur: Optimization of Animal Detection in Thermal Images Using YOLO Architecture, *International Journal of Electronics and Telecommunications*, Komitet Elektroniki i Telekomunikacji PAN, vol. 69, nr 4, 2023, s. 825-831, DOI:10.24425/ijet.2023.147707, 70 punktów
6. Perz Rafał: Investigating Pediatric Head Trauma in Unmanned Aerial Vehicle Accidents, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Politechnika Wrocławska - Oficyna Wydawnicza, vol. 25, nr Supplement 1, 2023, s. 110-111, 100 punktów, IF(1,073)
7. Perz Rafał, Wronowski Kacper, Domański Roman, Igor Dąbrowski: Case study of detection and monitoring of wildlife by UAVs equipped with RGB camera and TIR camera, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 2023, s. 1-18, DOI:10.1108/AEAT-11-2022-0324, 70 punktów, IF(0,975)
8. Perz Rafał: Implications of pilot reliability on the risk of unmanned aircraft crashes, *Journal of KONBiN*, Warszawa Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, vol. 53, nr 2, 2023, s. 159-186, DOI:10.5604/01.3001.0053.7131, 40 punktów
9. Toboła Wojciech, Papis Mateusz, Jastrzębski Dominik, Perz Rafał: Experimental research of Energy absorbing structures within helmet samples made with the additive manufacturing method – preliminary study, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Politechnika Wrocławska - Oficyna Wydawnicza, vol. 25, nr 1, 2023, Numer artykułu: ABB-02226-2023-03, s. 1-17, 100 punktów, IF(1,073)
10. Abratański Artur, Grzejda Rafał, Perz Rafał: Feasibility study of topology optimization of the control system frame for the missile with canard configuration, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 95, nr 5, 2023, Numer artykułu: 10.1108/AEAT-04-2022-0109, s. 1-7, DOI:10.1108/AEAT-04-2022-0109, 70 punktów, IF(0,975)
11. Grzejda Rafał, Perz Rafał: Compressive Strength Analysis of a Steel Bolted Connection under Bolt Loss Conditions, *Communications*, Vydavateľstvo Zilinskej Univerzity Edis, vol. 24, nr 4, 2022, B319-B327, DOI:10.26552/com.C.2022.4.B319-B327, 70 punktów
12. Popek Łukasz, Perz Rafał, Galiński Grzegorz: Porównanie różnych metod detekcji i rozpoznawania zwierząt na obrazach z kamery termowizyjnej, *Przegląd Telekomunikacyjny – Wiadomości Telekomunikacyjne*, SIGM NOT, vol. 1, nr 4, 2022, s. 396-399, DOI:10.15199/59.2022.4.66, 20 punktów
13. Jastrzębski Dominik, Perz Rafał: Rib kinematics analysis in oblique and lateral impact tests, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Politechnika Wrocławska - Oficyna Wydawnicza, vol. 22, nr 1, 2020, Numer artykułu: ABB-01431-2019-03, s. 1-9, DOI:10.37190/ABB-01431-2019-03, 100 punktów, IF(1,073)
14. Perz Rafał, Wronowski Kacper: UAV application for precision agriculture, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 91, nr 2, 2019, s. 257-263, DOI:10.1108/AEAT-01-2018-0056, 70 punktów, IF(0,785)
15. Bielawski Radosław, Rządowski Witold, Perz Rafał: UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE PROTECTION OF THE ELEMENTS OF A COUNTRY'S CRITICAL INFRASTRUCTURE – SELECTED DIRECTIONS OF DEVELOPMENT, *Security and Defence Quarterly*, Akademia Obrony Narodowej, vol. 22, nr 5, 2018, s. 1-17, DOI:10.5604/01.3001.0012.6422, 7 punktów
16. Mieloszyk Jacek, Tarnowski Andrzej, Kowalik Michał, Perz Rafał, Rządowski Witold: Preliminary Design of 3D Printed Fittings for UAV, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 91, nr 5, 2019, s. 756-760, DOI:10.1108/AEAT-07-2018-0182, 70 punktów, IF(0,785)
17. Deskiewicz Adam, Perz Rafał: Agricultural Aircraft Wing Slat Tolerance for Bird Strike, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 4, nr 89, 2017, s. 590-598, DOI:10.1108/AEAT-11-2016-0220, 20 punktów, IF(0,753)

Artykuły w wydawnictwach pokonferencyjnych

18. Perz Rafał: Implications of pilot reliability on the risk of unmanned aircraft crashes, W: *Niezawodność systemów technicznych: materiały LI (51) Zimowej Szkoły Niezawodności / Siergiejczyk Mirosław (red.)*, 2023, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-8156-491-5, s. 79-80
19. Barys Konrad, Perz Rafał, Abratański Artur, Pyrzanowski Paweł: Niezawodność wydruku metalowych struktur wytworzonych metodą przyrostową oceniona na podstawie pomiarów właściwości mechanicznych próbek, W: *Niezawodność systemów technicznych: materiały L (50) Zimowej Szkoły Niezawodności / Siergiejczyk Mirosław (red.)*, 2022, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-8156-333-8, s. 135-136
20. Abratański Artur, Perz Rafał, Barys Konrad, Matyjewski Marek: Review of repair methods for metal parts using additive manufacturing technologies and determination of the joint reliability of the related metal surfacing technology, W: *Niezawodność systemów technicznych: materiały L (50) Zimowej Szkoły Niezawodności / Siergiejczyk Mirosław (red.)*, 2022, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-8156-333-8, s. 137-138
21. Perz Rafał, Popek Łukasz, Abratański Artur, Barys Konrad: Assessment of the possibility and effectiveness of identifying wild animal species using aerial thermographic images, W: *Niezawodność systemów technicznych:*

materiały L (50) Zimowej Szkoły Niezawodności / Siergiejczyk Mirosław (red.), 2022, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-8156-333-8, s. 136-137

22. Palka Marek, Perz Rafał: Long bone locking plate positioning enhancement with finite-element mode, W: Biomechanics 2020. Abstracts book / Hadamus Anna[i in.](red.), 2021, Warszawski Uniwersytet Medyczny, ISBN 978-83-7637-561-8, s. 114-115

23. Mieloszyk Jacek, Tarnowski Andrzej, Kowalik Michał, Perz Rafał, Rządkowski Witold: Preliminary Design and Optimization of 3D Printed Fittings for UAV, Proceedings of the EASN Association Conference, EASN Association, vol. 7th EASN International Conference, 2017, s. 337-343

24. Perz Rafał, Wronowski Kacper: APPLICATION OF UNMANNED AIRCRAFT VEHICLES (UAV) IN PRECISION AGRICULTURE, Proceedings of the EASN Association Conference, EASN Association, vol. 7th EASN International Conference, 2017, s. 770-780

Wśród 17 wskazanych artykułów naukowych 3 są samodzielne opublikowane w czasopismach Archives of Transport (Komitet Transport PAN), Acta of Bioengineering and Biomechanics (Politechnika Wrocławska – Oficyna Wydawnicza) i Journal of KONBiN (Wyd. Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych). Pozostałe artykuły naukowe są współautorskie, w sześciu Kandydat jest pierwszym lub korespondencyjnym autorem. Opublikowane zostały w następujących czasopismach : Acta of Bioengineering and Biomechanics (Politechnika Wrocławska – Oficyna Wydawnicza) – 3 prace; Heliyon (Elsevier) – 1 praca; Electronics (MDPI) – 1 praca; Internal Journal of Electronics and Telecommunications (KEIT PAN) – 1 praca; Aircraft Engineering and Aerospace Technology – 5 prac; Communications (Wyd. Zilinskiej Unizerty Edis) – 1 praca; Przegląd Telekomunikacyjny (SIGM NOT) – 1 praca; Security and Defence Quarterly (Akademia Obrony Narodowej) – 1 praca.

Kandydat wskazał również 7 artykułów opublikowanych w recenzowanych wydawnictwach pokonferencyjnych (jeden samodzielny i sześć współautorskich), z czego 5 stanowi jednostronicowe opracowanie, na podstawie których trudno jednoznacznie ocenić zakres prowadzonych prac i wkład Kandydata w rozwój dyscypliny. Nie spełniają one również wymogu art. 219, ust. 1 pkt 2c ustawy. Wyjaśnienia wymaga punktacja publikacji nr 6 z cyklu wskazana w autoreferacie: „Perz Rafał: Investigating Pediatric Head Trauma in Unmanned Aerial Vehicle Accidents, Acta of Bioengineering and Biomechanics, Politechnika Wrocławska - Oficyna Wydawnicza, vol. 25, nr Supplement 1, 2023, s. 110-111, 100 punktów, IF(1,073)”, która opublikowana została jako streszczenie pokonferencyjne czasopisma Acta of Bioengineering and Biomechanics i w takim wypadku jej punktacja ministerialna wynosi 0, a nie 100 wskazane przez Autora.

Sumaryczny Impact Factor (IF) publikacji według listy Journal Citation Reports (JCR) w ramach osiągnięcia naukowego wynosi: IF = 14,977, przy IF wszystkich publikacji wynoszącym 17,572. Liczba punktów ocenianego cyklu powiązanych tematycznie publikacji wg obowiązujących w roku opublikowania przepisów wynosi 1187 przy całościowym dorobku punktowym 1350 (wg pkt. IV.4 - załącznik 4). Liczba cytowań publikacji według baz: 275 (Google Scholar), 175 (Scopus), w tym 146 cytowań bez autocytowań (Scopus). Indeks Hirscha według baz: 8 (Google Scholar), 6 (Scopus).

Dane bibliometryczne nie są zbyt wysokie, ale w stopniu dostatecznym wystarczające do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Kandydat przedstawił oświadczenia swoje i większości współautorów o zakresie odpowiedzialności za powstanie publikacji. Na podstawie przedstawionych oświadczeń można uznać, że Kandydat we wszystkich pracach brał udział w określeniu problemu badawczego i celów badawczych, opracowaniu metodologii, był współautorem badań eksperymentalnych, opracowywał treść artykułów oraz odpowiedzi na recenzje. Kandydat nie określił udziału procentowego w powstaniu poszczególnych artykułów, ale biorąc pod uwagę liczbę autorów oraz wskazany zakres merytoryczny, można ocenić iż wkład w powstanie publikacji wskazanych w cyklu jest znaczący.

Efekty dotyczące formalnej jakości publikacji, tj. punktacja i zasięg w dużej mierze krajowy ze względu na dobór czasopism i skład autorski prac, stanowią słabszą część osiągnięcia, jednakże istotna jest zawartość merytoryczna. Wyłącznie formalne spojrzenie na publikacje przez pryzmat punktów, które one generują nie przysłania wartości merytorycznej wyników zawartych w osiągnięciu naukowym dr. inż. Rafała Perza.

W oparciu o przedstawioną dokumentację (publikacje oraz oświadczenia współautorów) stwierdzam, że dr inż. Rafał Perz odegrał znaczącą rolę w powstaniu cyklu tematycznie powiązanych publikacji, stanowiących jego osiągnięcie naukowe pt. „Rozwój eksperymentalnych i obliczeniowych metod badawczych w lotnictwie, ukierunkowany na zwiększenie bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności zadań pomiarowych i rejestracyjnych, szczególnie w odniesieniu do bezzałogowych statków powietrznych (BSP)”.

Ocena wskazanego przez Kandydata osiągnięcia naukowego pt. . „Rozwój eksperymentalnych i obliczeniowych metod badawczych w lotnictwie, ukierunkowany na zwiększenie bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności zadań pomiarowych i rejestracyjnych, szczególnie w odniesieniu do bezzałogowych statków powietrznych (BSP)”.

Tematyka badawcza Habilitanta dotyczy rozwoju eksperymentalnych i obliczeniowych metod badawczych w lotnictwie, szczególnie w aspekcie zastosowania bezzałogowych statków powietrznych. Dr inż. Rafał Perz uzasadnia podjęcie tematyki projektowania i wytwarzania bezzałogowych statków powietrznych zauważalnym wzrostem ich wykorzystania, jak również ciągłym rozwojem proponowanych konstrukcji i zwiększeniem zakresu działań operacyjnych. Projektowanie bezzałogowych statków powietrznych z uwzględnieniem ich bezpieczeństwa, niezawodności i efektywności w działaniach operacyjnych wymaga szeregu badań i analiz. Habilitant wykorzystuje w tym celu metody i techniki doświadczalne oraz obliczeniowe, służące do pozyskania danych o właściwościach materiałów i pracy poszczególnych elementów konstrukcji, pozwalające na optymalizowanie urządzenia. Istotne znaczenie mają również technologie informatyczne związane z pozyskiwaniem w trakcie zadań operacyjnych bezzałogowych statków powietrznych danych oraz ich późniejsza analiza. Celem cyklu tematycznie powiązanych publikacji była poprawa bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności operacyjnej bezzałogowych statków powietrznych poprzez zastosowanie zaawansowanych metod projektowania i wytwarzania konstrukcji mechanicznych oraz ich optymalizacji.

Habilitant analizował różnorodne aspekty projektowania, wytwarzania, eksploatacji oraz zastosowań bezzałogowych statków powietrznych o charakterze metodycznym i aplikacyjnym. Przedstawione artykuły stanowią spójną całość w ramach analizowanego zagadnienia, jednak można je podzielić według wskazanych w autoreferacie obszarów badawczych obejmujących:

1. konsekwencje zderzenia obiektów latających dla elementów konstrukcyjnych oraz ludzkiego ciała (publikacje - [1], [6], [13], [17]);
2. zastosowanie zaawansowanych narzędzi symulacyjnych i eksperymentalnych w projektowaniu oraz optymalizacji konstrukcji lotniczych (publikacje - [2], [3], [10], [11], [22]);
3. wykorzystanie technik przyrostowych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych na potrzeby lotnictwa (publikacje - [6], [9], [16], [19], [20], [23]);
4. zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w zadaniach operacyjnych (publikacje - [4], [5], [7], [12], [14], [15], [18], [21], [24]);
5. analiza zagrożeń dla bezpieczeństwa użytkownika bezzałogowych statków powietrznych (publikacje - [1], [2], [8], [18]).

W zakresie analizy konsekwencji zderzeń, prace dr inż. Rafała Perza koncentrowały się na dwóch aspektach: ocenie odporności konstrukcji obiektu latającego podczas zderzenia z ptakiem oraz powstających podczas zderzenia obrażeń newralgicznych obszarów ciała człowieka, tj. głowy i klatki piersiowej. W pracy [17] zaprezentowano 12 scenariuszy uderzeń ptaka w lotkę skrzydła z uwzględnieniem kilku czynników tj. faza lotu, masa ptaka, prędkość lotu i miejsce uderzenia. Zderzenia zasymulowano przy użyciu metody elementów skończonych, której przydatność dla tego typu analiz została potwierdzona. Pomimo wieloaspektowej analizy, wyniki mają charakter jakościowy i skupiają się na jednym elemencie skrzydła, jednakże pokazują skuteczność zastosowanego podejścia badawczego do oceny wpływu różnych scenariuszy zderzeń i ich wpływu na bezpieczeństwo konstrukcji.

Nieco inne aspekty uwzględniono w publikacji [13], w której analizowano kinematykę żeber podczas uderzeń bocznych i skośnych, wykorzystując model ludzkiego ciała. Istotny jest aspekt poznawczy wynikający z przeprowadzonych analiz, pozwalający na lepsze zrozumienie mechanizmów łamania żeber i zachowania klatki piersiowej podczas uderzeń, co jest kluczowe dla rozwoju systemów bezpieczeństwa. Widoczny jest również wkład Habilitanta w rozwój metod eksperymentalnych w testach symulujących tego typu zderzenia poprzez wskazanie możliwości symulowania uderzenia skośnego przy użyciu ustawienia uderzenia czołowego. Komplementarne badania opisano w pracach [1] i [6], których celem była ocena wpływu kolizji dronów na głowę 3-letniego dziecka, z uwzględnieniem masy drona, prędkości uderzenia i kierunku uderzenia przy wykorzystaniu kryterium HIC (Head Injury Criterion). Przeprowadzone badania eksperymentalne pokazały, iż masa drona i prędkość uderzenia mają krytyczny wpływ na ciężkość urazów głowy u dzieci. Uzyskane wyniki mają istotny aspekt aplikacyjny, wskazujący konieczność wprowadzenia regulacji dotyczących parametrów operacyjnych dronów, koncentrując się na ograniczeniach prędkości i masy.

Nieco inny zakres dociekań naukowych przedstawiono w publikacjach [2, 3, 10, 11, 22] dotyczących **zastosowania zaawansowanych narzędzi symulacyjnych i eksperymentalnych w projektowaniu oraz optymalizacji konstrukcji lotniczych**. W publikacji [2] o charakterze przeglądowym, Habilitant przeanalizował wielowymiarowe zagrożenia związane z bezzałogowymi systemami powietrznymi (BSP), uwzględniając zagrożenia, ryzyko, regulacje prawne, aspekty techniczne i operacyjne oraz wpływ kolizji na zdrowie. Prace [3] i [22] dotyczyły określenia optymalnej konfiguracji rozmieszczenia śrub w płycie blokującej do stabilizacji złamań kości ramiennej, minimalizującej naprężenia przy wykorzystaniu metody elementów skończonych (MES). Habilitant w autoreferacie wskazał, że „efekty badań opisanych w [3, 22] podkreślają możliwości wykorzystania analiz numerycznych podczas weryfikowania poprawności rozwiązań konstrukcyjnych, prezentują wyniki właściwości wytrzymałościowych powszechnie wykorzystywanego w lotnictwie tytanu oraz podkreślają użyteczność modeli anizotropowych podczas badań symulacyjnych dla potrzeb inżynierii mechanicznej”. W literaturze przedmiotu można spotkać bardziej zaawansowane modele numeryczne stosowane do weryfikowania rozwiązań konstrukcyjnych statków powietrznych, uwzględniające np. drgania i obciążenia mechaniczne lub wpływ temperatury, które mogłyby być bardziej przydatne w tego typu analizach.

W zakresie stosowania narzędzi symulacyjnych w projektowaniu konstrukcji lotniczych, w pracy [11] przeanalizowano numerycznie połączenie śrubowe pod kątem utraty nośności spowodowanej uszkodzeniem śrub. Badanie koncentrowało się na wpływie uszkodzenia śrub na obciążenie pozostałych elementów złącznych i ogólną wytrzymałość połączenia na ściskanie. Jako element nowości można wskazać modelowanie połączenia asymetrycznego, a uzyskane wyniki pokazały, iż uszkodzenie dwóch z ośmiu prób powoduje obniżenie nośności o ok. 37%. Ma to istotny aspekt poznawczy dla optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych w lotnictwie. W zakresie optymalizacji mechanicznych konstrukcji lotniczych, w pracy [10] Habilitant zaproponował wykorzystanie optymalizacji topologicznej w celu redukcji masy konstrukcji przy zachowaniu wymaganej wytrzymałości. Przeprowadzone analizy pokazały skuteczność zastosowanej metody, jednakże nasuwa się pytanie, jakie są możliwości produkcyjne zoptymalizowanego w ten sposób elementu. Bardziej szczegółowego wyjaśnienia wymaga również element autorski zastosowanego algorytmu w odniesieniu do stosowanych w optymalizacji topologicznej algorytmów.

Podsumowując rozważania zawarte w publikacjach dotyczących zastosowania narzędzi symulacyjnych w projektowaniu konstrukcji lotniczych, należy nadmienić, iż jak każde metody badawcze są obarczone pewnym błędem. Wobec tego nasuwa się pytanie w jaki sposób Habilitant weryfikował i walidował analizy numeryczne opisywane w publikacjach.

Uzupełnieniem problematyki optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w statkach powietrznych są prace z zakresu **wykorzystania przyrostowych technik produkcji elementów konstrukcyjnych**. W swoich publikacjach Autor pokazał rolę technologii druku 3D w wytwarzaniu skomplikowanych elementów konstrukcyjnych, trudnych do uzyskania tradycyjnymi metodami. Zwrócił uwagę na takie aspekty jak wytwarzanie elementów o właściwościach gwarantujących ich niezawodność, optymalizację geometrii i prototypowanie oraz skuteczność tych technik

w naprawach elementów metalowych. W pracach [16, 23] analizowano możliwość zastosowania druku 3D do wytwarzania elementów mocujących skrzydła w bezzałogowym statku powietrznym (UAV), które poddano testom wytrzymałościowym oraz analizie numerycznej. Pokazano, iż FDM (Fused Deposition Modeling) pozwala na tworzenie elementów o właściwościach wytrzymałościowych odpowiednich dla konstrukcji lotniczych, w tym dla struktur wysoko obciążonych w bezzałogowych statkach powietrznych. Autor wskazał również na istotną rolę techniki FDM w wytwarzaniu prototypów elementów statków powietrznych, co pozwala na optymalizację i testowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, poprawiając aerodynamikę i bezpieczeństwo (np. poprzez absorpcję energii) [9]. Uzupełnienie wyżej wskazanych zagadnień stanowi osiem prac z zakresu **wykorzystania UAV w zaawansowanych zadaniach operacyjnych**. Jak wskazuje Habilitant, bezzałogowe statki powietrzne (drony) oferują możliwości bezpiecznego i efektywnego wykonywania zaawansowanych zadań poprzez zdalne gromadzenie danych, głównie obrazów, przetwarzanych na informacje. Kluczowe cechy to bezprzewodowe sterowanie i możliwość przenoszenia różnorodnych sensorów [18]. Prace [14, 24] dotyczą wykorzystania dronów z systemami wizyjnymi do gromadzenia danych geodezyjnych, leśnych i rolniczych. Przeprowadzone badania i analizy potwierdziły możliwość generowania map ortofotograficznych, map 3D i modeli cyfrowych powierzchni przy użyciu wskaźnika różnicy wegetacji. Praca [21] demonstrowa integrację dronów z kamerami IR i RGB do identyfikacji gatunków dzikich zwierząt. Opracowano metodykę wykorzystania dronów do identyfikacji fauny, uwzględniającą trasy lotu i odległości od zwierząt, co pozwala na określenie odpowiednich wysokości lotu w różnych warunkach pogodowych. Praca [7] potwierdza skuteczność wykorzystania dronów z systemami wizyjnymi (RGB i termowizyjnymi TIR) do monitoringu dzikiej fauny i zwierząt hodowlanych, rozwijając temat z pracy [14] i wskazując optymalne parametry lotu (wysokość, prędkość, ustawienia kamer) dla wysokiej dokładności obserwacji. Rozwój zastosowań dronów jest silnie związany z rozwiązaniami informatycznymi, szczególnie w kontekście przetwarzania danych z sensorów. Badania [5] skupiły się na analizie wpływu hiperparametrów (współczynnik uczenia, pęd, optymalizatory) na efektywność oprogramowania do obserwacji zwierząt w kamerze termowizyjnej. Opracowany i wdrożony model stanowi cenny wkład w rozwój możliwości wykorzystania dronów do zaawansowanych operacji lotniczych.

Problem niezawodności i bezpieczeństwa podczas realizacji operacji z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych, Habilitant rozwinął w kilku pracach, w których szczegółowo scharakteryzował czynniki ryzyka, uwzględniając aspekty prawne, techniczne i skutki kolizji [2]. Zidentyfikował kluczowe czynniki wpływające na niezawodność operatora drona (umiejętności operatora, doświadczenie w sterowaniu konkretnym modelem drona, organizacja i planowanie lotu) [8, 18] oraz analizował ryzyko kolizji związane z operacjami powietrznymi dronów [1]. Badania te dostarczają wiedzy niezbędnej do minimalizacji ryzyka zderzeń i poprawy bezpieczeństwa misji dronowych.

Należy docenić zakres prowadzonych przez Habilitanta analiz obejmujących kompleksowo zagadnienia związane z rozwojem technologii bezzałogowych statków powietrznych, przede wszystkim w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa, poprawy niezawodności, podniesienia efektywności konstrukcji lotniczych oraz stworzenia nowych możliwości zastosowań UAV. W tym kontekście wydaje się, że prace dr inż. Rafała Perza, w których podejście teoretyczne zostało połączone z aplikacyjnym, są ważne dla nauki i praktyki, nie budzi więc wątpliwości problematyka badawcza podejmowana przez Habilitanta, zarówno w kontekście jej aktualności i istotności, jak też skorelowania z istotą dyscypliny inżynieria mechaniczna.

3.2. Zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe

Dr inż. Rafał Perz wskazał we wniosku drugie osiągnięcie w formie zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego pt.: „Opracowanie i wdrożenie rodziny innowacyjnych w skali świata kompozytowych gitar elektrycznych „RUF Guitars”, oraz założenie i rozwój startupu RUF Sp. z o.o. w celu komercjalizacji osiągnięcia”. W ramach wskazanego osiągnięcia Habilitant wykorzystał swoje doświadczenie w mechanice, technologii lotniczej i kompozytach węglowych do stworzenia trzech

modeli kompozytowych gitar elektrycznych. Prace badawczo-rozwojowe nad projektem były prowadzone w ramach jednoosobowej działalności gospodarczej Habilitanta. W pracach wykorzystano techniki modelowania CAD/CAE, symulacje numeryczne oraz techniki optymalizacyjne w celu określenia materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych. Prototypy poddano testom laboratoryjnym, oceniając wytrzymałość przy uzyskaniu niższej wagi w stosunku do innych gitar, odporność na warunki atmosferyczne, jak również antybakteryjność powierzchni. Prace projektowo-rozwojowe, doprowadziły do wdrożenia produktu na rynku międzynarodowym, które wspierane było poprzez rejestrację znaku towarowego "RUF Guitars" w Urzędzie Patentowym RP oraz Europejskim Urzędzie Własności Intelktualnej (EUIPO) oraz późniejsze założenie startupu kontynuującego projekt – RUF Sp. z o.o. Projekt "Ruf Guitars". Habilitant poprzez wykorzystanie narzędzi naukowo-badawczych z dziedziny inżynierii mechanicznej, zrealizował projekt, w którym zaimplementował zaawansowany materiał kompozytowy, wykorzystywany min. w lotnictwie oraz wprowadził innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne, tj. zmniejszenie grubości gryfu gitary do poniżej 15 mm, obniżenie wagi gitary do poziomu poniżej 1,5 kg, zwiększenie sztywności, wytrzymałości i odporności gitary na warunki atmosferyczne, zabezpieczenie gryfu cząstkami nanosrebra, wprowadzenie opcjonalnego systemu montażu przetworników od tyłu gitary, wdrożenie zamkniętych komór rezonansowych. Komercjalizacja wyników badań poprzez wdrożenie produktu na rynek, pokazuje istotną rolę rozwiązań z dziedziny mechaniki poza tradycyjnymi branżami związanymi z konstrukcjami mechanicznymi.

3.3. Ocen osiągnięcia naukowego - podsumowanie

Spostrzeżenie, które nasuwa się po lekturze przedstawionych w cyklu artykułów to stwierdzenie, że Kandydat zastosował interdyscyplinarne podejście do problematyki zwiększenia bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności zadań pomiarowych i rejestracyjnych bezzałogowych statków powietrznych poprzez implementację kilku metod badawczych, w tym technik obliczeniowo-symulacyjnych i eksperymentalnych. W swoich pracach Habilitant zastosował nowoczesne narzędzia badawcze i technologiczne, przez co uzupełnił istniejącą wiedzę w zakresie niezawodności i bezpieczeństwa elementów konstrukcji bezzałogowych statków powietrznych, jak również systemów gromadzenia i przetwarzania danych. Zatem do osiągnięć Kandydata można zaliczyć:

- poszerzenie wiedzy w zakresie interakcji człowiek - maszyna na podstawie analizy obrażeń powstających w trakcie kolizji w obrębie głowy i klatki piersiowej oraz bezpieczeństwa operacji lotniczych;
 - rozwój metod eksperymentalnych w testach symulujących zderzenia klatki piersiowej człowieka z obiektem latającym;
 - zastosowanie metod numerycznych do optymalizacji elementów konstrukcji i geometrii bezzałogowych statków powietrznych;
 - wykazanie możliwości zastosowania druku 3D w zakresie produkcji elementów konstrukcyjnych UAV o wymaganych właściwościach i trwałości oraz w naprawach elementów statków powietrznych;
 - wskazanie możliwości skutecznego wykorzystania UVA w wykonywaniu zadań operacyjnych w zakresie gromadzenia i przetwarzania danych w kilku sektorach związanych z rolnictwem, ratownictwem drogowym, monitoringiem infrastruktury krytycznej i środowiskowym;
 - rozwój systemów gromadzenia danych poprzez zastosowanie zaawansowanych sensorów oraz metod przetwarzania danych wizualnych z wykorzystaniem zaawansowanych platform analitycznych.
- Habilitant określił również kierunki dalszych prac, mających na celu wyznaczenie nowych możliwości operacyjnych UAV.

Podsumowując ocenę osiągnięć naukowych dr. inż. Rafała Perza, udokumentowanych jednotematycznym cyklem publikacji oraz zrealizowanym osiągnięciem projektowym, stwierdzam istotną wartość merytoryczną oraz aplikacyjną zrealizowanych prac badawczych i otrzymanych wyników, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

4. Ocena aktywności naukowej albo artystycznej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

W ramach aktywności naukowej dr inż. Rafał Perz w dorobku po uzyskaniu stopnia doktora wykazuje:

- dwumiesięczny staż naukowy w 2023 roku jednostce naukowej ARH+ Sp. z o.o. Centrum Badawczo Rozwojowe w Katowicach, w tematyce nowych metod aplikacji bezzałogowych statków powietrznych. Efektem stażu, oprócz rozwoju naukowego było złożenie dwóch wniosków o dofinansowanie na projekty dotyczące Zastosowania BSP przez służby oraz Kamer 360st do BSP w konkurach Ścieżka Smart – Konsorcja oraz PERUN w NCBR;
- dwie krótkoterminowe wizyty studyjne w jednostkach zagranicznych: (1) Auburn University: Biosystems Engineering Department, Auburn AL, USA w dniach 6-10.12.2021 r. oraz (2) University of Virginia: Center for Applied Biomechanics, Charlottesville VA, USA w dniach 13-17.12.2021 r. Efektem wizyt studyjnych i prowadzonych badań były artykuły naukowe i wystąpienia konferencyjne: II.4.1, II.4.4, II.4.7, II.4.9, II.4.12, II.7.2 zestawione w załączniku nr 5.

Podsumowując, można stwierdzić, że dr inż. Rafał Perz spełnia warunek wykazania się aktywnością naukową w więcej niż jednej uczelni lub jednostce naukowej.

5. Pozostałe osiągnięcia badawczo - naukowe Habilitanta

Poza publikacjami w jednotematycznym cyklu wskazanymi jako osiągnięcie naukowe Habilitant jest autorem albo współautorem 2 rozdziałów w monografiach i 2 artykułów w czasopismach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora oraz 5 rozdziałów w monografiach i 4 artykułów w czasopismach naukowych przed uzyskaniem stopnia doktora. Kandydat w swoim dorobku nie posiada monografii.

Dr inż. Rafał Perz brał udział w 10 konferencjach, w tym czterech międzynarodowych.

Kandydat wykazała dużą aktywność jako uczestnik projektów badawczo-rozwojowych finansowanych w drodze konkursów krajowych. W pracach zespołów badawczych, Habilitant uczestniczył 8 razy jako kierownik B+R oraz 8 razy jako wykonawca. Przykładowo można przywołać „RUFtone - Opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych kompozytowych gitar elektrycznych poprawiających ich właściwości akustyczne” (umowa z dn. 24.04.2023: ETH 33/8/2023, POIR.01.03.01-00- 0042/17), „MAST - Cyfrowy bliźniak obiektów masztowych jako innowacyjna usługa inwentaryzacji z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych i sztucznej inteligencji” (POIR.01.01.01-00-0426/22), „Opracowanie innowacyjnej stacji dokująco-ładującej dla Bezzałogowych Statków Powietrznych wykorzystującej OZE”(POIR.01.01.01-00- 1149/20); „Opracowanie drukarki 3DCP i rozwój technologii 3DCP”.

Na szczególną uwagę zasługuje również działalność w zakresie współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym, w ramach której Habilitant wykazuje dużą aktywność w zakresie:

- opracowania samodzielnie lub w zespołach pięciu rozwiązań inżyniersko technicznych, które zakończyły się wdrożeniem, są w trakcie wdrażania lub przygotowania do wdrożenia, np. linia gitar elektrycznych, technologia produkcji biodegradowalnej maseczki, stacja ładująco-dokująca dla BSP;
- kilku prac zleconych przez podmioty gospodarcze w zakresie B+R;
- współtworzenie kilku startupów technologicznych prowadzących działania B+R, np. REbuild oraz RUF Guitars.

Potwierdzeniem działalności badawczej w ramach realizacji współpracy z podmiotami gospodarczymi jest uzyskanie jednego patentu oraz cztery zgłoszenia patentowe, w których średni udział Habilitanta wynosi 20%.

Habilitant wykazał również działalność ekspercką na zlecenie NCBR i PARP w ramach oceny merytorycznej ponad 60 wniosków o dofinansowanie w ramach perspektyw POIR oraz FENG. Brał

również udział w ocenie firm i startupów, jako członek merytorycznego zespołu eksperckiego, dla funduszu inwestycyjnego PGNiG Ventures.

Warto dodać, że dr inż. Rafał Perz założył przedsiębiorstwo „Sieć Badawcza Rafał Perz”, które skupia się na przeprowadzaniu badań na rzecz własnych osiągnięć naukowych oraz wspieraniu badań dla zewnętrznych podmiotów. W ramach tej działalności Kandydat zrealizował kilka projektów o zasięgu międzynarodowych.

Osiągnięcia Kandydata w zakresie prowadzenia badań rozwojowych, a także działania aplikacyjne są bardzo bogate i znaczące w obszarze tematycznym, w którym prowadzi działalność naukową.

6. Ocena pozostałych osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

W ramach **działalności dydaktycznej** na Politechnice Warszawskiej, Habilitant prowadzi zajęcia dydaktyczne projektowe, laboratoryjne, ćwiczeniowe oraz wykłady na studiach I i II stopnia w języku angielskim z przedmiotów, tj. Engineering Graphics CAD, Integrated CAD/CAM/CAE Systems, Advanced Integrated CAD/CAM/CAE Systems Machine Design, Integrated Laboratory i Machine Design.

Był promotorem około 48 prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich, w tym kilku prac zrealizowanych we współpracy z firmami zewnętrznymi. Był również promotorem pomocniczym jednego obronionego doktoratu. Obecnie pełni rolę promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich oraz w ramach prowadzonej działalności gospodarczej Sieć Badawcza Rafał Perz i pracy naukowej na Politechnice Warszawskiej, prowadzi program doktoratów wdrożeniowych. W ramach programu opiekuje się jako promotor pomocniczy i opiekun doktoranta po stronie przedsiębiorstwa trzema doktorantami.

W ramach **działalności organizacyjnej i popularyzującej naukę**, Habilitant przygotowywał dokumentację budowlaną i infrastrukturalną dla planowanej inwestycji, brał udział w pisaniu wniosku o dofinansowanie i uczestniczył w szeregu spotkań z władzami w ramach przygotowania Politechniki Warszawskiej do realizacji projektu „Terenowy poligon badawczo wdrożeniowy w powiecie Przasnyskim”.

W latach 2018 - 2021 był opiekunem studenckiego Koła Naukowego SPLAJN, zajmującego się rozwijaniem metod wspomagania projektowego CAE oraz organizacją szkoleń z zakresu komputerowego wspomagania projektowania.

Wystąpił również w Meloradio 94FM w audycji radiowej "Po drodze. MotoWarszawa" jako ekspert ds. biomechaniki i bezpieczeństwa; rozmowa nt. nowych technologii i bezpieczeństwie ruchu drogowego.

Dr inż. Rafał Perz podnosi w sposób ciągły kwalifikacje własne poprzez udział w kilkunastu kursach i szkoleniach.

Kandydat jest członkiem Rady Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej oraz Redaktorem Repozytorium Politechniki Warszawskiej dla Zakładu Podstaw Konstrukcji na wydziale MEiL PW.

Habilitant trzykrotnie otrzymał nagrodę JM Reaktora Politechniki Warszawskiej, 2 nagrody wraz ze startupem REbuild za osiągnięcia technologiczne: 4 Buildings Award – w kategorii “Innowacja – Startup”, 2019 r. oraz „Produkt Przyszłości Przedsiębiorcy” 2023 r. W ramach prowadzonej jednoosobowej działalności gospodarczej Sieć Badawcza Rafał Perz, Habilitant został w 2022 r. laureatem Polskiej Nagrody Inteligentnego Rozwoju 2022 w kategorii: Jednostka Naukowa Przyszłości.

Podsumowując, uważam, że dorobek dydaktyczny, organizacyjny oraz popularyzujący naukę dr. inż. Rafała Perza spełniają w bardzo dobrym stopniu wymogi Ustawy, stawiane kandydatom do stopnia.

7. Wniosek końcowy

Uzyskane dotychczasowe osiągnięcia dr. inż. Rafała Perza stanowią wkład w rozwój teorii i praktyki zwiększającej bezpieczeństwo, niezawodność i efektywność operacyjną, w szczególności bezzałogowych statków powietrznych. Zgromadzony i przedstawiony w dostarczonej dokumentacji dorobek w zakresie wyników prac naukowych, projektowych, w tym wdrożeniowych, również w działalności organizacyjnej i dydaktycznej, potwierdza zasadność ubiegania się przez dr. inż. Rafała Perza o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Po zapoznaniu się z osiągnięciami dr. inż. Rafała Perza stwierdzam, że przedstawiony do oceny dorobek spełnia wymagania stawiane kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, tj.: (1) posiada stopień doktora; (2) przedstawił osiągnięcie o charakterze naukowym oraz zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, które mają istotny wpływ na rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna oraz (3) wykazał się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub jednostce naukowej, w której Habilitant prowadziła badania.

W świetle wymagań wynikających z art. 219, ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. z 2020 roku poz. 85, z późn. zm.) **popieram wniosek o nadanie Panu dr. inż. Rafałowi Perzowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.**

Aneta Libeć-Kruc'