



Politechnika Warszawska

Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

Instytut Pojazdów i Maszyn Roboczych

ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa

dr hab. inż. Jan Maciejewski, prof. PW
e-mail: jan.maciejewski@pw.edu.pl

Warszawa, dnia 23.01.2025 r.

Recenzja

w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
Panu dr. Pavlo Krotowi, ubiegającego się o stopień naukowy doktora habilitowanego
w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, w dziedzinie nauk
inżynieryjno-technicznych

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą wykonania recenzji jest decyzja Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej, która uchwałą na posiedzeniu w dniu 13 listopada 2024 powołała mnie w skład komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Panu dr Pavlo Krotowi, w którym pełnię rolę recenzenta (pismo RND D08/69/2024 z dnia 15.11.2024 roku).

Ocenę osiągnięcia naukowego i aktywności naukowej opracowałem w oparciu o nadesłane następujące materiały:

- autoreferat
- monografię: Pavlo Krot, *Dynamical Models in Condition Monitoring of Industrial Machines*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2024. ISBN 978-83-7493-279-0
- kopię dyplomu stopnia naukowego doktora;
- wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny

Dokumentację wniosku postępowania habilitacyjnego otrzymałem 2 grudnia 2024 roku.

2. Ocena osiągnięć naukowych będących podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Wskazany przez Habilitanta osiągnięciem naukowym jest monografia: Pavlo Krot, *Dynamical Models in Condition Monitoring of Industrial Machines*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2024. ISBN 978-83-7493-279-0

Tematyka badawcza wybrana została trafnie, biorąc pod uwagę potrzeby praktyki technologicznej oraz dalszy rozwój systemów monitoringu i diagnostyki dynamicznej maszyn przemysłu hutniczego i górnictwa. W przedstawionej monografii Habilitant przedstawił nowe rezultaty naukowe, mające walory poznawcze, ale i aplikacyjne, co jest bardzo istotne w obszarze dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych.

Omówienie monografii

Monografia Pavlo Krot, *Dynamical Models in Condition Monitoring of Industrial Machines*, liczy 340 stron, składa się z 9 rozdziałów uzupełnionych 431 pozycji bibliografii, w tym 31 pozycji jest autorstwa lub współautorstwa Habilitanta.

W rozdziale 1 „*Introduction*” monografii przeanalizowano awarie obserwowane w maszynach górniczych i hutniczych, które powodują ciągle przestoje i zmniejszenie wydajności procesów technologicznych.

Rozdział 2 „*State-of-the-art condition monitoring of industrial plants*” poświęcony jest przeglądowi dostępnych źródeł informacji z zakresu dynamiki i diagnostyki ciężkich maszyn przemysłowych pracujących w warunkach niestacjonarnych. W rozdziale tym odwołuje się do 230 pozycji aktualnej literatury. Habilitant trafnie pokazuje, że walcownie i maszyny górnicze nie są objęte grupą norm ISO dotyczącą pomiaru drgań i z tego powodu większość maszyn nie jest wyposażona w systemy stałego monitorowania stanu prac. Stosowane systemy diagnostyki drgań nie są w stanie zapewnić niezawodnej pracy. Autor opisuje komputerowe systemy zarządzania utrzymaniem ruchu (Computerised Maintenance Management Systems – CMMS) i wskazuje że stosowane systemy bazują głównie na analizie statystycznej już zaistniałych awarii w celu wyznaczenia średniego czasu między awariami, przewidywania terminów konserwacji maszyn i generowania planów zakupu części zamiennych.

Z analizy uszkodzeń badanych maszyn przemysłowych habilitant wnioskuje, że efekty związane z luzami promieniowymi i kątowymi w przekładniach, łożyskach i połączeniach śrubowych układów napędowych są niezwykle istotne dla prawidłowej diagnostyki maszyn.

Tego typu defekty są trudniejsze lub niemożliwe do oszacowania za pomocą standardowego oprzyrządowania i technik przetwarzania sygnałów. Dlatego też w monografii habilitant skupił się na tych defektach.

Na przykładzie przekładni habilitant pokazuje, że uszkodzenia zębów koła zębatego wynikają z redystrybucji sił kontaktowych krawędzi w wyniku otwarcia luzów w zazębieniach przekładni i łożysk. W rozdziale został przedstawiony wpływ luzów osiowych i promieniowych na trwałość łożysk oraz istotne znaczenie diagnostyki połączeń śrubowych (poluzowania, odkształcenia plastycznych) na niezawodność maszyn przemysłowych.

Podsumowując charakterystykę tej części pracy zawierającej przegląd literatury stwierdzam, że jest to dobre wprowadzenie czytelnika w tematykę rozprawy

Habilitant formułuje cele naukowe monografii, spośród których najistotniejszymi są:

- opracowanie modeli dynamicznych do diagnostyki luzów w maszynach,
- eksperymentalne badanie reżimów pracy maszyn przemysłowych z określonymi obciążeniami i drganiami, analiza awarii i niestabilności procesu.
- zastosowanie analizy modalnej układów maszynowych w celu wykrywania i unikania rezonansów,
- opracowanie metod diagnostyki luzowania się śrub, zużycia łożysk i sprężyn nośnych w maszynach przemysłowych.
- opracowanie oprzyrządowania i czujników do bezpośrednich pomiarów dynamicznych momentów obrotowych i luzów kątowych w układach napędowych maszyn.
- rozwój metod monitorowania obciążeń dynamicznych i procesów technologicznych;
- opracowanie metod kontroli i redukcji drgań w maszynach przemysłowych z wysokociśnieniowymi układami hydraulicznymi, np. w urządzeniach do badania rur, obudowach górniczych i walcowniach stali.

- kontrola obciążeń dynamicznych i drgań w ciężkich maszynach przemysłowych w celu zapobiegania przeciążeniom;
- wdrożenie opracowanych modeli dynamicznych i metod diagnostyki luzów w systemach monitorowania stanu i sterowania w zakładach przemysłowych.

W rozdziale 3 *"Classes of dynamical models"* zostały omówione klasy modeli dynamicznych i stosowane metody obliczeniowe. Elementem wspólnym prowadzonych przez Autora badań jest implementacja wieloczłonowych nieliniowych modeli dynamicznych układów mechanicznych do symulacji ich drgań przestrzennych i skrętnych oraz analizy modalnej. Do symulacji maszyn ciężkich Habilitant rozważa kilka klas modeli dynamicznych: liniowy (niezmienny w czasie parametry), nieliniowy (odcinkowo liniowy), parametryczny (zmienny w czasie parametry), stochastyczny (wariant czasowy) i wysokiego rzędu (metoda elementów skończonych – MES).

W rozdziale 4 monografii *„Dynamical models in condition monitoring and analysis of industrial Machines”* przedstawione są przykłady wykorzystania opracowanych modeli do analizy pracy wybranych urządzeń i procesów w przemyśle hutniczym i górniczym.

W rozdziale zostały omówione następujące zagadnienia:

- Identyfikacja cykli pracy pojazdów podziemnych
- Model dynamiczny ładowarek przegubowych LHD.
- Diagnostyka przesiewaczy wibracyjnych – sprężyny podporowe
- Diagnostyka przesiewaczy wibracyjnych – łożyska wibratorów
- Analiza dynamiki stanowiska wysokociśnieniowego do badania rur wiertniczych
- Model dynamiczny podpór hydraulicznych
- Dynamika napędu przełączalnego walcarki redukcyjno-kalibracyjnej
- Modele dynamiczne drgań „chatter” i sterowania walcownią
- Dynamika napędu wielosilnikowego walcarki płytowej.

Rozdział 5 *„Development of instrumentation for condition monitoring”* poświęcony jest przedstawieniu opracowanej przez autora aparatury do pomiaru luzów i momentu obrotowego.

W rozdziale 6 *„Model-based methods of dynamic analysis and wear diagnostics”* zostały przedstawione metody oparte na modelach i analizie modalnej do diagnozowania zużycia części i monitorowania obciążenia maszyn. Zostały dokładnie omówione następujące zagadnienia:

- Diagnostyka luzów za pomocą postaci własnych
- Diagnostyka luzów na podstawie obciążenia statycznego
- Statystyczna zależność obciążenia wejściowego i wyjściowej odpowiedzi dynamicznej
- Monitorowanie obciążeń dynamicznych za pomocą sygnałów silników elektrycznych
- Diagnostyka łożysk i połączeń śrubowych przekładni
- Diagnostyka przesiewaczy wibracyjnych.

W rozdziale 7 *„Dynamical models in vibration control of industrial machines”* przedstawiono modele dynamiczne sterowania drganiami maszyn przemysłowych. Autor zaproponował metodę redukcji dynamiki skrętnej w układach MDOF, która polega na krótkotrwałym przyspieszaniu napędu głównego maszyn przemysłowych wyposażonych w silnik elektryczny z regulacją prędkości obrotowej. Został omówiony wpływ luzów dla różnych konstrukcji układu napędowego. Autor zamodelował, a następnie zweryfikował w testach przemysłowych zależność nieliniowego wpływu luzów od konstrukcji układu napędowego i poziomu

przyspieszenia silnika elektrycznego. Modele te zostały przedstawione na przykładzie 4 procesów.

W rozdziale 8 „*Industrial applications*” Autor przedstawił przemysłowe zastosowanie opracowanych modeli na przykładzie trzech wdrożeń:

- System sterowania drganiami rezonansowymi „chatter”.
- System sterowania zginaniem czołowym blach w walcowni gorącej.
- Skomputeryzowany System Zarządzania Utrzymaniem Ruchu (CMMS).

Monografia zakończona jest rozdziałem 9 „*Summary*”, w którym Autor zawarł najważniejsze spostrzeżenia związane ze zrealizowanymi badaniami.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych w ramach realizowanych prac badawczych, udokumentowanych w monografii należy zaliczyć:

- wykazanie, poprzez pomiary i analizę uszkodzeń w różnych maszynach, że luzy są głównymi czynnikami wysokiej dynamiki, przeciążeń i lokalnych defektów, a zatem najważniejszymi parametrami monitorowania stanu;
- rozwój metod diagnostyki maszyn górniczych z zastosowaniem analizy modalnej do układów wielocłonowych (MDOF) i funkcji odpowiedzi częstotliwościowej (FRF);
- rozwój metod statystycznych analizy modeli dynamicznych według parametrów wejściowych obciążeń statycznych i budowanie na tej podstawie metod diagnostyki luzów;
- rozwój metod monitorowania momentów dynamicznych sygnałami napędowymi silników elektrycznych oraz metodologii efektywnego stosowania przyspieszania napędu w celu redukcji dynamiki skrętnej;
- rozwój metod diagnozowania przesiewaczy wibracyjnych do monitorowania stanu sprężyn nośnych, łożysk i połączeń śrubowych, mających zastosowanie też w innych maszynach górniczych;
- rozwiązywanie ważnych dla przemysłu problemów naukowo-technicznych w walcowniach: wykrywanie i kontrola drgań „chatter”; monitorowanie pozostałego okresu użytkowania oraz sterowanie zginaniem czołowym blach, co zaowocowało wdrożeniem w przemyśle specjalnych systemów komputerowych.
- zastosowanie modeli oscylacji parametrycznych i badanie na tej podstawie warunków rezonansów w przekładni wielosilnikowej i maszynie szybkoobrotowej o zmiennej strukturze napędu;
- opracowywanie modeli układów hydromechanicznych podpór hydraulicznych oraz metod zmniejszania ich dynamiki.
 - opracowanie podejścia do monitorowania pozostałego okresu użytkowania maszyn hutniczych i górniczych opartego na modelach dynamicznych i jego realizacja w systemach CMMS.

Uwagi krytyczne do monografii:

Praca habilitacyjna jest obszerna i zawiera bardzo dużo różnorodnych metod i przykładów diagnostyki maszyn, przy których opracowaniu Habilitant brał udział. W mojej ocenie niepotrzebnie Habilitant skopiował do monografii kilka swoich publikacji, zamiast odnieść się do nich i krótko opisać. Pod względem edycyjnym została przygotowana mało starannie. Znaczna część rysunków, wykresów i schematów jest mało czytelna. Do błędów edycyjnych można zaliczyć błędną numerację rozdziału 4.4. Zawarte tu uwagi nie wpływają na wartość merytoryczną monografii.

Reasumując stwierdzam, że w mojej opinii przedłożona do oceny monografia dr. Pavlo Krota, dowodzi wysokich kwalifikacji naukowych Kandydata i odpowiada wymogom Ustawy stawianym pracom habilitacyjnym.

3. Sylwetka Habilitanta, opinia o dorobku naukowym i zawodowym

Dr Pavlo Krot ukończył studia magisterskie w 1989 roku na Dnieprzańskim Uniwersytecie Narodowy im. O. Honczara na Wydziale Fizyczno-Technicznym, Ukraina. 04.1989-11.1989 był zatrudniony na stanowisku Inżyniera-badacz w Laboratorium Automatyki Przemysłowej w Katedrze Zautomatyzowanych Systemów Sterowania, Wydział Fizyczno-Techniczny, DNU. W latach 1988-1992 był na studiach doktoranckich w DNU. Od 1992 do 1994 zatrudniony na stanowisku wykładowca i asystent w Katedrze Informatyki Ekonomicznej i Systemów Zautomatyzowanego Sterowania Dnieprzańskiego Uniwersytetu Narodowego (DNU). Od 1994 roku do 2001 był kierownikiem techniczny i współzałożyciel przedsiębiorstwa naukowo-produkcyjnego „Exel” Sp. z o.o. (Ukraina). Stopień naukowy doktora (kandydat nauk technicznych) obronił w 1996 roku w Instytucie Problemów Modelowania w Inżynierii Energetycznej im. G.E. Pukhova, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy w Kijowie. W latach 2001-2006 był zatrudniony na stanowisku Starszego pracownika naukowego w Laboratorium Dynamiki Maszyn w Zakładzie Urządzeń Technologicznych i Systemów Sterowania IŻS NANU, a od 2006 do 2018 w Zakładzie Procesów i Maszyn do Formowania Metali, Instytut Żelaza i Stali im. Z.I. Niekrasowa (IŻS), Narodowej Akademii Nauk Ukrainy (NANU). Tytuł naukowy Starszego pracownika naukowego uzyskał w 2008 roku, Wyższa Komisja Atestacyjna Ukrainy w dziedzinie budowy maszyn, specjalizacja maszyny hutnicze. Prowadził działalność badawczą i doradczą w niepełnym wymiarze etatu w szeregu firm, m.in.: 2003-2008 Konsultant naukowy w firmie „Kamerton” Sp. z o.o. (ntckamerton.com), 2004-2018 Starszy pracownik naukowy w firmie „Metaltehnomash” Sp. z o.o. (metaltehnomash.com.ua), 2014 Starszy pracownik naukowy w Laboratorium Technologii Kriogenicznych Instytutu Fizyki NANU (Kijów), 2015-2016 Konsultant naukowy i oficjalny przedstawiciel na Ukrainie firmy niemieckiej IBA AG 2015 Redaktor naukowy w krajowym biurze Trans Tech Publications. Od 01.2019 jest zatrudniony na stanowisku Adiunkta w Katedrze Górnictwa Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wrocławska.

Aktywność badawczo- naukowa dr Pavlo Krota jest na bardzo wysokim poziomie.

Dane bibliometryczne (w bazach WoS/Scopus na dzień 4.12.2024): Index Hirscha10/13, liczba cytowań 229/419, liczba publikacji w bazach 27/49.

Na dorobek naukowo-badawczy wchodzi:

- a) Publikacje: 1 monografia, 9 rozdziałów w monografiach, 63 publikacje w czasopismach (57 po doktoracie). Publikacje w uznanych czasopismach międzynarodowych (do roku 2019 głównie wydawnictwa ukraińskie, po 2019 roku 27 publikacji w topowych czasopismach naukowych m.in.: *Measurement* (200), *Powder Technology* (140), *Int. Journal of Mining, Reclamation and Environment* (70), *Electronics*(100); *Applied Sciences*(100), *Materials*(140), *Energies* (140), *Sensors* (140)). Są to publikacje samodzielne (14) i we współautorstwie 2-6 osób.
- b) Jest współautorem 9 patentów (2 rosyjskie, 7 ukraiński)
- c) Konferencje. Brał udział w licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych: z publikacjami 47 (7 przed doktoratem), bez publikacji: 2 konferencje międzynarodowe, 14 konferencji w Ukrainie.
Był zapraszany jako prelegent na 4 międzynarodowych konferencjach:

- (główny prelegent) **Krot P.** New methods in condition monitoring and dynamics control of heavy industrial machines. *12th Int. Conference on Mechanical Science and Engineering (ICMSE2024)*, June 27 2024, Beijing, China;
- **Krot P.**, Shiri H., Zimroz R. Model-based diagnostics of backlashes in heavy industrial machines. *8th Int. Conference on Condition Monitoring in Non-Stationary Operations (CMMNO2024)*, 10-13 May 2024, Wenzhou, China.
- **Krot P.** Dynamical models in diagnostics of industrial machines. *Industrial Meeting of the European Training Network on Monitoring Large-Scale Complex Systems (MOIRA)*. 19-22 June 2023 Wroclaw, Poland.
- **Krot P.** Vibration monitoring and diagnostics of steel rolling mills based on dynamic models. *Workshop "Machine Dynamics and Signal Processing"*, 8–10 April 2019, Politechnika Wroclawska, Wroclaw, Poland.

d) Udział w komitetach organizacyjnych 7 konferencji międzynarodowych.

e) Projekty naukowo badawcze:

- udział w 6 projektach międzynarodowych finansowanych przez EIT RawMaterials, (2 w toku realizacji) (lata 2019-2025) (wykonawca),
- 8 projektów finansowanych przez Narodową Akademię Nauk Ukrainy (6 jako kierownik, 2 wykonawca), 2002-2016,
- Udział w 20 projektach przemysłowych w latach 1990-2018 (w 10 jako kierownik)- projekty dla przemysłu hutniczego – głównie dla walcowni na terenie Ukrainy (14), Rosji (4), Kazachstanu, Polski (Huta Częstochowa).

Jest członkiem w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism:

- Redaktor tematyczny w czasopismach: *Advancements in Mining & Mineral Engineering*, *Vibration*, *Applied Sciences (Mechanical Engineering)*,
- Redaktor wydań specjalnych (special issues) w czasopismach MDPI: *Machines*, *Vibrations*,
- Redaktor sekcji w *Current Engineering Letters (Mechanical Engineering)*,
- Członek rady redakcyjnej w 6 czasopismach: *Industrial Process Automation in Engineering and Instrumentation*, *Journal of Modern Industry and Manufacturing*, *International Journal of Engineering Sciences and Technologies*, *Fundamental and Applied Problems of Ferrous Metallurgy*, *International Journal of Robotics and Automation Technology*; *Challenges and Issues of Modern Science*,
- Redaktor naukowy (w roku 2015) *Trans Tech Publications*.

Był recenzentem 138 recenzji 96 manuskryptów w 31 indeksowanych czasopismach bazy WoS, m.in. w topowych czasopismach (wydawnictwa Elsevier - *Journal of Sound and Vibration* (200 pkt), *Measurement* (200 pkt), *Mechanical Systems and Signal Processing* (200 pkt), *Powder Technology* (140), wydawnictwa Springer :*The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology*(100), *Soft Computing* (70), *Journal of Vibration Engineering and Technologies*, *Applied Condition Monitoring*, wydawnictwa IEEE: *Transactions on Instrumentation and Measurement* (100); *IEEE Control Systems Magazine* (140); wydawnictwa MDPI : *Applied Sciences* (100), *Energies* (140), *Sensors* (100), *Vibration*.

Recenzowanie artykułów w czasopismach można uznać również za elementy innej działalności naukowej (wprawdzie nie ujętej w Ustawie, ale przyjętej powszechnie przez środowisko naukowe jako bardzo istotna działalność dla utrzymania właściwego poziomu nauki).

W oparciu o badania współautorstwa dr Pavlo Krota wdrożono w przemyśle technologie:

- w zakładzie przemysłowym (KGHM, Polska) wdrożono metody diagnozowania elementów mechanicznych i samego procesu technologicznego przesiewaczy wibracyjnych do przetwórstwa surowców sypkich,
- w tandemowej walcowni zimnej walcowania (NLMK, Rosja) wdrożono innowacyjny system automatyzacji wykrywania drgań „chatter” i sterowania prędkością,
- w walcowni gorącej (Zaporizhstal, Ukraina) wdrożono innowacyjny system do zarządzania pracami konserwacyjnymi, monitorowania obciążeń dynamicznych i prognozowania pozostałego czasu eksploatacji układów napędowych,
- w walcowni (Huta Częstochowa, Polska) wprowadzono innowacyjny system automatycznego sterowania gięciem czołowym blach walcowanych na gorąco,
- w przedsiębiorstwach produkujących lufy do broni (KBAO) i walce (NKMZ) wdrożono technologie i urządzenia do głębokiej kriogenicznej obróbki (Ukraina).

Opis pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych dr Pavlo Krota.

Poza działalnością badawczo naukową przedstawioną w monografii habilitant realizował i realizuje badania w różnorodnej tematyce związanej z maszynami przemysłowymi. Można tu wymienić:

- Po doktoracie, jako kierownik techniczny przedsiębiorstwa naukowo-produkcyjnego „Exel” Sp. z o.o. (Ukraina) brał udział w zaprojektowaniu i wykonaniu nowego kompleksu przemysłowych urządzeń do suszenia drewna w oparciu o generator ciepła do zagospodarowania odpadów rolniczych.
- W ramach grantów Instytutu Żelaza i Stali im. Z.I. Nekrasova NANU brał udział w projektach przemysłowych i akademickich związanych z pomiarami momentu obrotowego i drgań, monitorowaniem stanu różnych maszyn oraz analizą modalną skomplikowanych układów napędowych. W latach 2007-2009 otrzymał grant badawczy NANU na rozwój aparatury pomiarowej, która umożliwiła badanie wzajemnych zależności dynamiki skrętnej i luzów kątowych w napędach maszyn. W latach 2015-2016 otrzymał grant badawczy NANU na rozwój technologii i sprzętu we współpracy z Instytutem Fizyki NANU do głębokiej kriogenicznej obróbki luf i innych zastosowań wojskowych w celu zwiększenia trwałości i odporności na zużycie części broni z wykorzystaniem symulacji MES i analizy mikrostruktury. Efektem badań było wdrożenie technologii w zakładzie przemysłowym.
- Do 2019 roku, na podstawie przeprowadzonych badań, uruchomiono w przemyśle trzy skomputeryzowane systemy monitorowania zakładów przemysłowych, sterowania procesami i diagnostyki maszyn (walcarek), w tym jeden system w Polsce (Huta Częstochowa).
- Od 2019 roku w ramach zatrudnienia na Politechnice Wrocławskiej dr Pavlo Krot kontynuuje badania związane z diagnostyką różnych typów maszyn górniczych, przeróbczych i transportowych z wykorzystaniem dedykowanych metod monitorowania stanu. Brał udział w 6 projektach finansowanych przez UE – EIT RawMaterials. W ramach tej działalności w zespole kierowanym przez prof. Radosława Zimroza została opracowana metoda diagnozowania krążników przenośników taśmowych w oparciu o dane wizualne z kamery oraz w oparciu o małe czujniki IMU (Inertial Measurement Unit) w taśmie (innowacyjne podejście polegające na przemieszczaniu się czujnika za pomocą taśmy). W ramach tej działalności dr Pavlo Krot zajmował się metodami pośrednich pomiarów dynamiki wewnętrznej w młynach bębnowych oraz opracował modele dynamiczne procesu rozdrabniania. Prace miały na

celu zwiększenie efektywności energetycznej i produktywności przygotowania minerałów ziarnistych i ta tematyka jest dalej rozwijana (przygotowywanie nowego projektu wspólnie z KGHM Polska Miedź i innymi partnerami EIT RawMaterials). W ramach projektu EIT RawMaterials (we współpracy z firmą Lekatech, Finlandia) zajmował się zagadnieniami związanymi z liniowymi młotami elektrycznymi, gdzie został opracowany kompleksowy model dynamiczny młota. W ramach projektu EIT RawMaterials AMICOS (Autonomous Monitoring and Control System for mining plants) badany jest wpływ wartości szczeliny uderzeniowej na średnią prędkość postępową kołowego robota o napędzie wibracyjnym. W projekcie VOT3D (Ventilation Optimizing Technology based on 3D scanning) współpracował w opracowaniu innowacyjnej metody pomiaru prędkości przepływu powietrza przez latające drony na potrzeby kontroli systemów wentylacji w podziemnych zakładach górniczych.

Warto podkreślić, że badania naukowe są ukierunkowane na aplikacyjność w zastosowaniach maszyn przemysłowych.

W ramach prac badawczych współpracował z licznymi ośrodkami przemysłowymi m.in.: KGHM Polska Miedź Sp. z o.o. (Polska), AMEplus Sp. z o.o. (Polska), Huta Częstochowa Sp. z o.o. (Polska), JARO S.A. (Polska), Iba AG (Niemcy) i wielu innych zakładach przemysłu hutniczego w Ukrainie i Rosji.

Bardzo wysoko oceniam aktywność naukową we współpracy międzynarodowej z instytucjami naukowymi. W ostatnich latach można tu wymienić:

- projekty badawcze (2013-2016) związane z głęboką obróbką kriogeniczną (Deep Cryogenic Treatment - DCT) realizowane w Instytucie Żelaza i Stali im. Z.I. Nekrasowa NANU (Dnipro) i Instytucie Fizyki NANU (Kijów),
- badania wzbudników inercyjnych -Współpraca z Politechniką Lwowską (2021-2023),
- badania procesów brykietowania minerałów sypkich w prasach walcowych -współpraca z Instytutem Żelaza i Stali im. Z.I. Nekrasowa NANU(2020-2024),
- opracowanie zasad budowania baz wiedzy i optymalizacji danych w systemach monitorowania podczas wiercenia (Monitoring-While-Drilling - MWD) w przemyśle naftowym i gazowym współpraca z Narodowym Uniwersytetem Technicznym Nafty i Gazu w Iwano- Frankowsku, Ukraina (2020),
- badania możliwości projektowania i dobierania materiału na wirnik wentylatora odśrodkowego w suszarce z przenośnikiem poziomym- współpraca z Instytutem Systemów i Technologii Transportu NANU (2021-2023).

Wymieniona tu działalność badawczo naukowa poparta jest licznymi publikacjami w uznanych czasopismach międzynarodowych - 33 publikacje.

4. Konkluzja

Analiza całokształtu osiągnięć naukowych, technologicznych i wdrożeniowych, a także aktywnej współpracy z sektorem gospodarczym oraz krajowymi i zagranicznymi instytucjami naukowymi pozwalają mi na stwierdzenie, że dr Pavlo Krot wniósł oryginalny, wartościowy i znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

W moim przekonaniu spełnione są wymagania obowiązującej ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (z póź. zm., Dz. U. z 2022 r., poz. 574) w zakresie

osiągnąć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Wnioskuje zatem o dopuszczenie dr Pavlo Krota do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego oraz popieram i pozytywnie opiniuję wniosek Habilitanta o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Z wyrazami szacunku

