Gliwice, 10.01.2022 r.

dr hab. inż. Dariusz Prostański, prof. ITG KOMAG
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Recenzja osiągnięcia naukowego,
dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Eryka Remiorza
w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych
w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

1. Podstawa wykonania recenzji.

Podstawą do opracowania recenzji dra inż. Eryka Remiorza jest pismo nr RIE-BD/4/159/2021/2022 z dnia 10 grudnia 2021 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, prof. dr hab. inż. Andrzeja Rusina, informujące o powołaniu do pełnienia funkcji recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym. Do pisma został dołączony komplet dokumentów habilitacyjnych w wersji papierowej.

Zasadniczym przedmiotem oceny stanowiącym szczególne osiągnięcie Kandydata jest monografia naukowa pt. *Dynamika łańcuchowych układów ciągnienia ścianowych maszyn urabiających*

2. Ocena rozprawy habilitacyjnej.

2.1. Ocena formalnej strony rozprawy habilitacyjnej.

Szczególnym osiągnięciem habilitanta w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. stanowi monografia pod tytułem *Dynamika łańcuchowych układów ciągnienia ścianowych maszyn urabiających*, która stanowi podsumowanie doświadczeń habilitanta w badaniu i modelowaniu zjawisk dynamicznych układów łańcuchowych maszyn urabiających. Monografia ta składa się z 11 rozdziałów,, trzech załączników, bibliografii i streszczenia, które składają się na 196 stron. Spis literatury zawiera 266 pozycji.

Problem badawczy postawiony w pracy stanowi twórcze osiągnięcie naukowe o ważnym znaczeniu utylitarnym. Habilitant w swojej pracy przedstawił doświadczenia w modelowaniu maszyn górniczych, a w szczególności układów łańcuchowych ścianowych maszyn urabiających, tworzenia oprogramowania do badań zjawisk dynamicznych zachodzących w tych maszynach, w prowadzeniu analiz danych numerycznych w opracowanych modelach matematycznych i pochodzących z badań doświadczalnych głównie prowadzonych w wyrobiskach podziemnych.

Kandydat przedstawiając swój dorobek w 7 rozdziałach monografii (5-11) ujął wymienione wyżej elementy dorobku naukowego, które są ujęte m.in. przez opis dokonanych pomiarów w wyrobisku ścianowym, modelowanie łańcuchowego układu cięgnowego ścianowej maszyny urabiającej zawierające opis modelu fizycznego i matematycznego, weryfikację i walidację modelu dynamicznego oraz opis wybranych badań modelowych łańcuchowego układu ciągnienia. Na jego dorobek naukowy składa się również wielokryterialna optymalizacja wybranych parametrów łańcuchowego układu ciągnienia a także trafne wnioski końcowe zawarte w podsumowaniu i określenie kierunków dalszych badań.

Kandydat w pierwszych rozdziałach monografii dokonuje wprowadzenia do zagadnienia uzasadniając problem badawczy, którym jest konieczność opracowania modelu dynamicznego maszyny urabiającej Mikrus oraz układu ciągnienia tej maszyny a w konsekwencji przeprowadzenie odpowiednich badań z wykorzystaniem modeli numerycznych i in situ. Kandydat przedstawia również aktualny stan zagadnienia w zakresie badań maszyn urabiających i udowadnia, że przedstawione w literaturze modele dyskretne łańcucha pociągowego mają uproszoną formę bez uwzględnienia wielu zjawisk takich jak współpraca ogniw łańcucha z napędowymi kołami gniazdowymi. Modele te nie uwzględniają też zmiennej sztywności właściwej łańcuchów, co jest przeszkodą w zamodelowaniu automatycznego napinania łańcucha. Kandydat przyjął założenie usunięcia ww. ograniczeń dotychczasowych modeli oraz założył, że opracowany model matematyczny łańcuchowego układu ciągnienia będzie współdziałał z modelem procesu urabiania z użyciem organu węglowego oraz modelem przestrzennym kadłuba maszyny urabiającej obciążony siłami i momentami wynikającymi z procesu urabiania i posadowienia maszyny urabiającej.

Dr inż. Eryk Remiorz w 4 rozdziale swojej monografii sformułował 2 tezy pracy z której pierwsza mówi, ze wartość napięcia wstępnego w mechanizmie ciągnienia ścianowej maszyny urabiającej jest istotna dla jego obciążenia dynamicznego i determinuje stan napięcia łańcucha ogniwowego. Druga z tez badawczych mówi, że zastosowanie metod optymalizacji globalnej do rozwiązywania zagadnień doboru parametrów łańcuchowych mechanizmów ciągnienia ścianowych maszyn urabiających daje możliwość kształtowania ich charakterystyk dynamicznych w kierunku ograniczenia wartości maksymalnych i amplitud obciążeń dynamicznych łańcucha i układów napędowych. Kandydat przedstawił również cele pracy (brak celów 1-3), gdzie jednym z nich jest opracowanie koncepcji rozproszonego układu pomiarowego parametrów łańcuchowych układów ciągnienia ścianowym maszyn urabiających wraz z układami napędowymi. Drugim celem jest przeprowadzenie optymalizacji parametrów badanej maszyny. Natomiast w autoreferacie Kandydat jako podstawowy cel przedstawia: utworzenie zweryfikowanego i zwalidowanego modelu dynamicznego łańcuchowego układu ciągnienia ścianowej maszyny urabiającej, który umożliwi badanie zjawisk dynamicznych zachodzących w rozpatrywanym układzie posuwu.

Po wyznaczeniu celów i tez pracy, Kandydat przystąpił do metodycznej realizacji swojego programu badawczego. Celem identyfikacji problemu i zdobycia odpowiedniej bazy wiedzy, jako pierwszy etap wyznaczył pomiary w wyrobisku ścianowym opisane w rozdziale 5. Jako obiekt badań przyjął maszynę urabiającą Mikrus, a w szczególności pomiary obciążeń dynamicznych łańcucha pociągowego maszyny. Opracowane charakterystyki zostały wykorzystane do utworzonego w późniejszym etapie modelu matematycznego układu ciągnienia. Na potrzeby badań został opracowany rozproszony, autonomiczny system pomiarowy. Przed przystąpieniem do badań został scharakteryzowany obiekt badań i zaproponowany system monitorowania parametrów pracy maszyny urabiającej. W rozdziale są przedstawione charakterystyki czasowe opracowane na podstawie zarejestrowanych danych pomiarowych.

Kandydat w rozdziale 6 wskazuje na istotność określenia obciążeń dynamicznych w cięgnie łańcuchowym oraz w układzie napędowym w procesie projektowania maszyn urabiających z cięgnem łańcuchowym. Problem ten został rozwiązany przez opracowanie modelu matematycznego przeprowadzenie odpowiednich symulacji komputerowych. W przeprowadzonym studium dynamiki rozpatrywanego układu ciągnienia Kandydat wyróżnił 5 podstawowych

etapów: modelowanie fizyczne, modelowanie matematyczne, programowanie komputera, rozwiązywanie układu równań różniczkowych ruchu stanowiących model matematyczny oraz badania w warunkach eksploatacyjnych mające na celu uzyskanie charakterystyk pomiarowych.

Kandydat przystępując do procesu modelowania fizycznego mechanizmu ciągnienia ścianowej maszyny podzielił na odcinki skupiając ich masy w środku w postaci punktów łącząc je bezmasowymi więziami sprężystymi o zastępczej sztywności właściwej o zmiennej wartości umożliwiając zamodelowanie bezstopniowej zmiany długości konturu łańcuchowego. Zostało to wykorzystane w układzie służącym do automatycznego napinania łańcucha pociągowego.

Model ścianowej maszyny urabiającej może przemieszczać się wzdłuż trasy przenośnika w sposób dyskretny, zajmując położenie i-tej masy zastępczej do której została zredukowana masa kadłuba maszyny urabiającej wraz ze zredukowanymi obciążeniami roboczymi. Model został również wyposażony w tłumiki drgań podłużnych łańcucha oraz możliwość przenoszenia przez łańcuch pociągowy tylko obciążeń rozciągających. Podział łańcucha na odcinki umożliwia odwzorowanie nieliniowości prowadzenia łańcucha pociągowego maszyny urabiającej.

Układy napędowe łańcuchowego mechanizmu ciągnienia ścianowej maszyny urabiającej kandydat zamodelował z użyciem sztywnych wieloboków modelujących koła gniazdowe i do brył obrotowych do których Kandydat zredukował momenty bezwładności elementów modelu. Kadłuby mechanizmu ciągnienia zostały zamodelowane podparte lepko-sprężystymi elementami.

W utworzonym modelu fizycznym łańcuchowego mechanizmu ciągnienia ścianowej maszyny urabiającej określił $2.(i+n+4)$ stopni swobody. Zmienna j oznacza liczbę odcinków podziału łańcucha, a zmienna n jest liczbą stopni przełożenia reduktora w napędzie głównym i pomocniczym. W wyniku formalizacji zjawisk zachodzących w modelu fizycznym utworzony został model matematyczny łańcuchowego mechanizmu ciągnienia ścianowej maszyny urabiającej. Model ten stanowi układ $2.(j+n+4)$ nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych drugiego rzędu.

Na potrzeby wyznaczenia oporów ruchu kadłuba maszyny urabiającej Kandydat utworzył model przestrzenny obciążenia zewnętrznego kadłuba tej maszyny uwzględniając obciążenie zewnętrzne

pochodzące od urabiania i ładowania, składowe sił ciężkości pochodzące od poszczególnych elementów maszyny oraz wartości współczynników oporów ruchu na styku podpór kadłuba maszyny z trasą przenośnika. Model matematyczny umożliwia wyznaczenie obciążenia łańcucha pociągowego w miejscu jego mocowania do kadłuba maszyny urabiającej i stanowi układ 6 równań. Kandydat opracował również oprogramowanie komputerowe o nazwie SMR/NR 4.0 do numerycznego rozwiązywania rozpatrywanego modelu matematycznego gdzie charakterystyka czasowa, która jest wynikiem obliczeń dla pełnego obrotu organu urabiającego jest jednym z parametrów wejściowych w modelu matematycznym łańcuchowego układu ciągnienia ścianowej maszyny urabiającej. Kandydat wykonał rozbudowane autorskie oprogramowanie do symulacji zjawisk dynamicznych w łańcuchowych układach ciągnienia ścianowych maszyn urabiających o nazwie CHS-Dynamics, w którego skład zaliczyć można preprocesor wspomagający przygotowanie danych wejściowych do symulacji, solver służący do rozwiązywania układu $2.(j+n+4)$ nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych (modelu matematycznego) oraz postprocesor ułatwiający przeglądanie i podstawową analizę obliczonych charakterystyk dynamicznych oraz generowanie wykresów.

W swojej pracy badawczej Kandydat opracowany przez siebie model komputerowy poddał szczegółowej weryfikacji i walidacji, gdzie proces weryfikacji był realizowany w całym okresie budowania modelu komputerowego oraz po jego zakończeniu a w ramach walidacji Kandydat określił, w jakim stopniu wyniki działania utworzonego modelu komputerowego (matematycznego) odzwierciedlają zachowanie rzeczywistego (modelowanego) obiektu w założonym zakresie. Proces ten został wykonany poprzez porównanie charakterystyk uzyskanych na drodze obliczeniowej oraz charakterystyk zarejestrowanych podczas badań w warunkach eksploatacyjnych na obiekcie rzeczywistym.

Walidacja utworzonego modelu została przeprowadzona w oparciu o charakterystyki czasowe zarejestrowanych w warunkach eksploatacji ścianowej. Były to charakterystyki obciążenia dynamicznego łańcucha pociągowego oraz charakterystyki obciążenia dynamicznego na wale sprzęgieł w napędzie głównym i pomocniczym.

Kandydat dokonał porównania fragmentów charakterystyk czasowych uzyskanych z pomiarów w wyrobisku ścianowym oraz otrzymanych z modelu matematycznego wykorzystując do tego: wartość maksymalną, średnią i skuteczną, amplitudę przebiegu oraz odchylenie standardowe, będące miarą rozrzutu próbek sygnału wokół wartości średniej. Wykonał również analizę widmową wybranych fragmentów charakterystyk czasowych doświadczalnych i teoretycznych, wykorzystując do tego celu szybką transformatę Fouriera (fft) oraz porównał częstotliwość podstawową i wybrane wyższe częstotliwości składowe analizowanych sygnałów.

W ostatnim etapie walidacji modelu Kandydat zastosował analizę falkową, która w przeciwieństwie do analizy widmowej opartej na fft nie powoduje utraty informacji o czasie wystąpienia danego zjawiska gdzie koleracja wynosiła powyżej 0,5. Kandydat osiągnął pozytywny wynik walidacji modelu. Kandydat wykazał również konieczność wyrównania obciążenia silników napędowych i automatycznego napinania łańcucha. Określił również graniczną wartość tłumienia obciążeń dynamicznych łańcucha. Kandydat dokonał również wielokryterialnej optymalizacji parametrów maszyny będącej obiektem badań,. wybierając wstępnie dwie metody optymalizacji: za pomocą algorytmów genetycznych oraz z wykorzystaniem modeli zastępczych gdzie wykazał większą przydatność tej drugiej.

Kandydat sformułował również liczne wnioski wynikające z jego pracy badawczej. Pierwszymi z nich są: osiągnięcie celu pracy badawczej i potwierdzenie słuszności przyjętych tez badawczych.

Pozytywnie zweryfikował i zwalidował modele badawcze udowadniając tym samy, ze same model zostały opracowane poprawnie a proces badawczy został przeprowadzony prawidłowo. Wykazał duży wkład w rozwój dyscypliny przez zastosowanie kompilacji różnych narzędzi badawczych i programowych używając właściwego aparatu badawczego. Dokonał pomiarów na obiekcie rzeczywistym i opracowania modelu matematycznego unikalnego rozwiązania konstrukcyjnego jakim była maszyna urabiająca Mikrus przemieszczana za pomocą łańcucha i wyposażona do eksploatacji ścian niskich. Przeprowadził badania na obiekcie rzeczywistym, co umożliwiło mu uzyskanie unikalnych przebiegów czasowych, a walidacji modelu matematycznego dokonał z wykorzystaniem narzędzi opartych na modelach zastępczych.

Kandydat wskazał również kierunki dalszych prac związanych z rozwojem opracowanych modeli, gdzie planuje rozwiązanie zadania odwrotnego z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych.

Monografia Kandydata, opisująca *Dynamikę łańcuchowych układów ciągnienia ścianowych maszyn urabiających* jest kompletnym przykładem opracowanej metody. Liczne umiejętności badawcze, programistyczne oraz zdolność posługiwania się aparatem matematycznym przez autora stanowi specjalizację autora, która umożliwia realizację podobnych zadań.

Autor swoja pracę oparł o badania jedynej w Polsce zastosowanej współcześnie tego typu maszyny, co wydaje się zawężać możliwości aplikacyjnego zastosowania opracowanego modelu, bez jego gruntownej przebudowy. Nie umniejsza to jednak wagi pracy dla rozwoju dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a jej efekty będą pomocne w opracowaniu kolejnych narzędzi matematycznych. Praca stanowi oryginalne podejście do zagadnienia dynamiki łańcuchowych układów ciągnienia maszyn urabiających zaznaczając miejsce Kandydata w rozwoju dyscypliny.

3. Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Habilitanta.

3.1. Ocena dorobku naukowego.

Dr inż. Eryk Remiorz ukończył studia na Wydziale Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej w 2002 r. Tytuł rozprawy doktorskiej brzmiał: „Wpływ nadążnej zmiany resztkowego napięcia wstępnego łańcuchów na obciążenia dynamiczne w przenośniku zgrzebłowym". Rozprawa doktorska otrzymała wyróżnienie. Od 1992 r. związany z Wydziałem Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej. W pierwszych latach jako technik i specjalista a od 1995 r. jako Asystent.
Od początku pracy naukowej, działalność Habilitanta skupiona jest na modelowaniu maszyn górniczych, a w szczególności układów łańcuchowych maszyn ścianowych, tworzeniu oprogramowania służącego do badania zjawisk dynamicznych zachodzących w tych maszynach oraz na analizie danych numerycznych uzyskanych za pomocą modeli matematycznych oraz pochodzących z badań doświadczalnych wykonywanych najczęściej w wyrobiskach podziemnych.

Habilitant dzięki współpracy z ośrodkami badawczymi i przemysłowymi od początku swojej pracy naukowej rozwijał oprogramowanie do badania zjawisk dynamicznych zachodzących w układach łańcuchowych z uwzględnieniem badań potrzeb użytkownika i systemu eksploatacji.

Habilitant wykaz aktywność naukową prowadzoną w ramach nie tylko swojej uczelni ale również z Uniwersytetem Technicznym z Ostrawy oraz z Instytutem Techniki Górniczej KOMAG.

Dorobek publikacyjny Habilitanta obejmuje:

- Monografię naukową będącą podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego,
- Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych – po obronie doktoratu:
  - Artykuły – 35
  - Referaty konferencyjne – 44
  - Podręcznik – 1
  - Monografia – 3
  - Rozdział w monografii – 4
- 2 międzynarodowe i krajowe projekty.

Liczba publikacji w bazach/liczba cytowań/indeks Hirscha wynoszą:

- Baza Web of Science: 5/43/4
- Baza Scopus: 8/59/4
- Baza Google Scholar: 59/136/7

3.2. Ocena dorobku dydaktycznego Kandydata.

Dr inż. Eryk Remiorz od 1995 r. prowadzi zajęcia dydaktyczne. Początkowo były to zajęcia laboratoryjne. Od czasu uzyskania stopnia doktora prowadzi wykłady, zajęcia laboratoryjne, projekty i seminaria zarówno na studiach stacjonarnych jak i niestacjonarnych pierwszego i drugiego stopnia oraz zajęcia dydaktyczne na studiach podyplomowych i studiach doktoranckich.

Habilitant był kierownikiem Laboratorium Komputerowego Wspomagania Projektowania Maszyn oraz Laboratorium Badań Doświadczalnych Elementów Maszyn Roboczych. Obecnie pełni funkcję kierownika Laboratorium Badań Modelowych Maszyn Roboczych.
W swoim dorobku posiada prowadzenie na Wydziale Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej zajęć Wierceni dla studentów będących uczestnikami programu Erasmus oraz prowadzenie egzaminu uzupełniającego z Wiertnictwa dla osób z przemysłu starających się o zatwierdzenie w Wyższym Urzędzie Górniczym (31 egzaminów).

Promotor 20 prac inżynierskich i magisterskich, promotor pomocniczy w jednym przewodzie doktorskim, recenzent prac dyplomowych magisterskich, prac dyplomowych inżynierskich oraz projektów inżynierskich. Uczestnik stażu zagranicznego oraz uczestnik programu Erasmus – 8 pobytów w zagranicznych ośrodkach naukowych. Opiekun 2 staży dla studentów zagranicznych. Opiekunem pomocniczy w projekcie PBL (Project Based Learning) realizowanym w ramach projektu: „Politechnika Śląska jako Centrum Nowoczesnego Kształcenia opartego o badania i innowacje".

3.3. Ocena dorobku organizacyjnego.

W dorobku organizacyjnym Habilitanta można wymienić:

- 2 zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne.
- 5 nagród za ww. osiągnięcia uzyskane na wystawach i targach zagranicznych.
- 42 wygłoszone referaty na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych.
- 2 wygłoszone referaty na zamówienie.
- 4 międzynarodowe i krajowe konferencje naukowe w których Habilitant brał aktywny udział w komitetach organizacyjnych.
- 6 projektów realizowanych we współpracy z naukowcami z innych ośrodków oraz we współpracy z przedsiębiorcami.
- Członkostwo w Komisji Górniczej Oddziału PAN w Katowicach, Sekcje Mechatroniki i Energoelektryki w Górnictwie.
- Uczestnik stażu zagranicznego.

- Recenzent 2 artykułów czasopism międzynarodowych i krajowych.
- Opiekun pobytów uczestników w ramach programów Socrates-Erasmus, Erasmus i Erasmus Plus (8 pobytów).
- Wykonawca i kierownik w zespołach badawczych 21 prac.
- Wykonawca 5 prac naukowo-badawczych we współpracy z sektorem gospodarczym.
- Współautor 12 przyznanych patentów i 2 zgłoszeń wynalazczych.
- Współautor 1 wdrożonego patentu.
- Autor 1 opinii o innowacyjności.
- Laureat nagród Rektora za osiągnięcia organizacyjne (2 nagrody), dydaktyczne (1 nagroda) i organizacyjne (3 nagrody).
- Laureat 3 nagród na krajowych wystawach i targach.

4. Wniosek końcowy.

Biorąc pod uwagę:

- pozytywną ocenę monografii pod tytułem Dynamika łańcuchowych układów ciągnienia ścianowych maszyn urabiających,
- pozytywną ocenę dorobku naukowego, zgromadzonego przez Kandydata,
- wkład naukowy i techniczny w zakresie inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki, aktywny udział w działalności naukowej i dydaktycznej,

uważam, że osiągnięcia dr inż. Eryka Remiorza spełniają wymagania formalne określone w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. i mogą stanowić podstawę do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Kandydata do dalszego postępowania.