

Recenzja

rozprawy doktorskiej magistra inżyniera **Mateusza Wójcickiego**, pt.:
**„Identyfikacja synergizmu oddziaływania czynników środowiska kopalnianego
w aspekcie ograniczenia zużycia ogniw łańcuchowych przenośników zgrzeblowych”**

1. Wprowadzenie

Recenzji rozprawy doktorskiej dokonano na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej nr 07/09/2025 z dnia 25.09.2025, w oparciu o otrzymany egzemplarz rozprawy doktorskiej, przekazany wraz z pismem przewodnim, z dnia 03.10.2025r., sygnowanym przez Przewodniczącego RDN, prof. dr hab. Krzysztofa Labusa.

Opinię wykonano w oparciu o art.187 ust.1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.).

2. Charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska pt.: **„Identyfikacja synergizmu oddziaływania czynników środowiska kopalnianego w aspekcie ograniczenia zużycia ogniw łańcuchowych przenośników zgrzeblowych”** zawiera 212 stron oraz dodatkowo streszczenie w języku polskim i angielskim. Rozprawa składa się z 10 rozdziałów uzupełnionych spisem literatury. Spis literatury zawiera 116 pozycji, w tym 3 prace z udziałem autora rozprawy, związane merytorycznie z jej tematem.

2.1. Ocena zasadności wyboru tematu i zakresu pracy

Tematyka rozprawy koncentruje się między innymi na aspektach identyfikacji czynników wpływających na przebieg zużywania się łańcuchów przenośników zgrzeblowych oraz ich wzajemnej koincydencji prowadzącej do efektu synergii. Wśród wielu czynników wpływowych, szczególną uwagę doktorant zwraca na wpływ sił dynamicznych przenoszonych w strefie kontaktu ogniw łańcucha, z uwagi na braki w stanie wiedzy w tej kwestii (pomijanie tego aspektu bądź niedoszacowania, wynikające z funkcjonujących modeli tribologicznych). *Stąd też jako zasadne należy uznać zaproponowaną tematykę rozprawy jak i jej zakres. Jak wynika z analizy*

przypadków uszkodzeń zaistniałych w praktyce przemysłowej, podjęta tematyka jest aktualna i ważna tak przemysłu jak dla nauki.

Zakres pracy jest bardzo obszerny, wielowątkowy oraz adekwatny do podjętego problemu badawczego.

2.2.Ogólna charakterystyka pracy, ocena układu pracy

Układ pracy jest zbieżny z ogólnie przyjętą konwencją w przygotowaniu rozpraw doktorskich w formie monografii naukowej. Praca przygotowana bardzo starannie tak od strony edycyjnej jak i graficznej, z dokumentowaniem wyników kolorowymi rysunkami włącznie. To, co można sugerować doktorantowi, to:

- poprawić czytelność oznaczeń na rysunkach (zbyt mała czcionka), np. rys. 8.7b, 8.10, 8.12b, 8.17, 8.23c),
- dla poprawy identyfikacji tekstu dotyczącego podpisu rysunków warto zmienić rozmiar czcionki na mniejszy względem tekstu podstawowego oraz zmienić interlinię na odstęp „pojedynczy”.

Użycie terminu „nawęglania elektrowni” (Str. 138) zdaniem recenzenta nie jest właściwe z uwagi na fakt, że od lat, w technologii, termin ten dotyczy specjalnego zabiegu/operacji, tj. obróbki powierzchni w kontekście poprawy jej parametrów wytrzymałościowych. Lepszy termin jak się wydaje, to np. „zasilanie paliwem węglowym”??, itp..

Charakterystyka układu i zawartości rozprawy

W początkowej części rozprawy zamieszczony został spis oznaczeń.

W końcowej części rozprawy doktorant zamieścił streszczenie w języku polskim i angielskim.

W rozdziale 1 (wprowadzenie) doktorant przybliżył ideę tematu w kontekście czynników mających wpływ na proces zużywania się ogniów łańcuchów, wprowadza pojęcie synergizmu w kontekście podjętej tematyki. Pod pojęciem synergizmu procesów zużycia doktorant przyjmuje wzmocnienie negatywnego efektu zużycia pod wpływem działania wielu czynników jednocześnie, w tym oddziaływania ścierniwa i cieczy korozyjnych.

Rozdział 2 obejmuje uzasadnienie celowości podjęcia tematu. Doktorant słusznie zauważa, że niezawodność pracy np. kompleksów ścianowych jest silnie zależna od niezawodności przenośników zgrzeblowych będących ich integralną częścią. Omówił występujące w praktyce dołowej, formy uszkodzeń łańcuchów ogniowych, zidentyfikował

czynniki zwiększające degradację łańcuchów wskazał na istniejące braki w stanie wiedzy oraz wykazał konieczność podjęcia badań nad wyjaśnieniem mechanizmu zużycia wieloczynnikowego.

Rozdział 3 zawiera sformułowanie problemu naukowego, celu naukowego, hipotezy badawczej oraz określenie jej zakresu.

Problem badawczy, zdefiniowany przez doktoranta *to: określenie synergii wieloczynnikowego procesu degradacji łańcuchów górniczych.*

Przyjęty cel badań, to: *„Identyfikacja oddziaływania czynników środowiska kopalnianego w procesie zużywania ogniw łańcuchowych przenośników zgrzeblowych”.*

Doktorant zdefiniował **hipotezę badawczą** w postaci: *„Łączne oddziaływanie ścierniwa i zmiennych sił dynamicznych w otoczeniu czynników korozyjnych jak i też bez nich, skutkuje dodatkowym efektem interakcyjnym w trakcie procesu zużycia wieloczynnikowego ogniw łańcuchowych”.*

Ponadto, doktorant określił **dodatkowe, szczegółowe problemy badawcze**:

- określenie ilościowego wpływu wymuszeń dynamicznych na proces zużycia ściernego i korozyjnego łańcuchów górniczych,
- określenie szybkości korozji materiału stosowanego na łańcuchy górnicze w obecności mieszanin wód kopalnianych i ścierniw mineralnych.

Zakres rozprawy określony przez doktoranta, obejmuje:

- analizę stanu wiedzy, z zakresu procesów związanych z zużywaniem łańcuchów w procesie ich eksploatacji,
- pozyskanie i identyfikację własności ścierniw i wód kopalnianych wykorzystywanych w trakcie badań skojarzonego zużycia łańcuchów ogniowych,
- realizację badań sił dynamicznych występujących w łańcuchu z wykorzystaniem dedykowanego przenośnika zgrzeblowego,
- zaprojektowanie, wytworzenie i weryfikację unikalnego stanowiska do badań synergizmu procesu zużywania ogniw łańcuchowych,
- przeprowadzenie laboratoryjnych badań zużycia korozyjnego,
- przeprowadzenie stanowiskowych badań zużycia wieloczynnikowego,
- opracowanie modelu synergii wieloczynnikowego procesu zużycia w obszarze przegubów ogniw łańcuchowych dla trzech wariantów środowiska górniczego,
- sformułowanie wniosków ogólnych i szczegółowych i udowodnienie przyjętej hipotezy badawczej.

W końcowej części rozdziału doktorant scharakteryzował zawartość przedłożonej rozprawy.

Rozdział 4 to charakterystyka aktualnie stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych górniczych łańcuchów ogniowych, technologii ich wytwarzania oraz problemów eksploatacji.

W rozdziale 5 przedstawiona została, przyjęta metoda badawcza oraz wykorzystane metody pomiarowe, w badaniach laboratoryjnych i stanowiskowych, odzwierciedlających rzeczywiste warunki pracy łańcuchów. Zaprezentowano także opracowane i zbudowane stanowisko badawcze dedykowane badaniom synergizmu procesu zużycia łańcuchów ogniowych. Badania stanowiskowe zrealizowano dla 12 wariantów skojarzeń czynników eksploatacyjnych podzielonych na 3 grupy, tj.: grupę czynników środowiskowych, która odpowiadała warunkom kopalni bez dopływu wód dołowych i bez stosowania wody z układu zraszania, grupę czynników środowiskowych odpowiadającą również warunkom kopalni bez dopływu wód dołowych, ale w której stosowane jest zraszanie wodą transportowanego urobku oraz grupę, która odpowiadała warunkom kopalni z dopływem wód kopalnianych. Przedstawiony podział na grupy czynników środowiskowych został wykorzystany przy analizie synergii zużycia wieloczynnikowego. Do badań realizowanych według przyjętego planu badań, wykorzystano autorskiej konstrukcji stanowisko badawcze pozwalające na ocenę skutków wieloczynnikowego oddziaływania ogni łańcucha w przegubie, zależnie od zadeklarowanego cyklu stałego lub zmiennego obciążenia. W zakończeniu rozdziału scharakteryzowano etap badań tribologicznych z użyciem tribometru TRB firmy AntonPar, badań struktury współpracujących powierzchni metodą skaningowej mikroskopii elektronowej, badań metalograficznych z użyciem mikroskopu metalograficznego Nikon ECLIPSE MA 200 oraz mikrotwardości z użyciem metody Vickersa.

Rozdział 6 doktorant poświęcił identyfikacji parametrów charakteryzujących naturalne środowisko pracy łańcuchów górniczych w aspekcie realizacji badań modelowych. W tym celu układ dwóch współpracujących ogni łańcucha pracujących w badanym środowisku został potraktowany jako modelowy system tribologiczny, szerzej traktowany jako system tribokorozyjny o strukturze adekwatnej do założonych badań. Efektem badań identyfikacyjnych było ustalenie warunków obciążeniowych stanowiska badawczego, określenie właściwości materiałowych węzła tarcowego, określenie wymuszeń mechanicznych węzła tarcowego, ustalenie przedziału zmienności obciążeń dynamicznych w łańcuchu oraz opracowanie charakterystyk badanych ścierniwi.

Rozdział 7 zawiera opis badań laboratoryjnych, w tym badań szybkości zużycia korozyjnego pod wpływem wód kopalnianych, badań korozyjności mieszanin woda – zadane ścierniwo oraz badania tribologiczne wyselekcjonowanych ścierniwi mineralnych.

Rozdział 8 to opis wyników badań eksploatacyjnych. Stanowiskowe testy zużyciowe przeprowadzono w warunkach odwzorowujących środowisko pracy chodnikowego przenośnika zgrzeblowego, według obszernego planu badań, ustalonego w badaniach wstępnych. Ponadto, zrealizowano wariant, określony przez doktoranta jako specjalny, gdzie symulowano sytuację niewystępującą w trakcie normalnej eksploatacji, czyli impulsowe działanie siły dynamicznej w nominalnie nieruchomym węźle tarciovym, w obecności środowiska ścierno-korozyjnego, w czasie 30 godzinowego testu.

W rozdziale 9 dokonano identyfikacji oddziaływania interakcyjnego procesów wieloczynnikowego zużywania się przegubów ogniwi łańcuchowych. W początkowej części rozdziału doktorant scharakteryzował dotychczasowe modele zużycia wieloczynnikowego, w tym Watsona, Tyczewskiego oraz Wieczorka, wskazując ich wady, zalety oraz ograniczenia, w tym zwłaszcza brak ujęcia w modelu zmienności sił obciążających dany system tribokorozyjny. Zauważył przy tym, że modele zużycia powinny uwzględniać zarówno pojedyncze formy degradacji, jak i ich interakcje z innymi rodzajami wymuszeń środowiskowych. Powinny one także uwzględniać warunki pracy elementów maszyn podlegających procesom niszczenia. Stąd też dokonał między innymi klasyfikacji środowisk górniczych z uwagi na obecność wyróżniającego czynnika degradacyjnego oraz zaproponował modele wieloczynnikowego zużywania się łańcuchów przenośnikowych w środowisku górniczym dostosowane do sytuacji:

- braku obecności wody kopalnianej i z układu zraszania w strefie współpracy ogniwi łańcucha,
- obecności wody z układu zraszania w strefie współpracy ogniwi łańcucha,
- obecności wody kopalnianej w strefie współpracy ogniwi łańcucha.

W rozdziale 10 przedstawione zostało podsumowanie przeprowadzonych badań i analiz. Doktorant między innymi stwierdził, że synergizm jest najczęstszym zjawiskiem interakcyjnym procesu zużywania się ogniwi łańcuchowych w przegubie, a jego występowanie i wielkość są ściśle zależne od rodzaju i charakteru zestawionych ze sobą czynników środowiskowych. Kombinacja tych czynników ma kluczowe znaczenie dla szybkości degradacji przegubów ogniwi łańcuchowych. W badaniach wykazał, że dodanie lub zmiana konfiguracji czynników degradacyjnych wpływa interakcyjnie na sumaryczne zużycie przegubu ogniwa w próbie badawczej. Główny wniosek pracy doktorant zapisał w postaci: „Procesy interakcyjne, w tym szczególnie synergia, odgrywają kluczową rolę w procesie degradacji przegubów ogniwi łańcuchów górniczych”. Ponadto sformułował aż 12 wniosków szczegółowych, zawartych w zakończeniu rozdziału.

W zakończeniu rozprawy załączony został spis literatury oraz tłumaczenia w języku polskim i angielskim.

2.3. Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Oprócz braku kilku przecinków oraz „literówek” nie zauważyłem istotnych błędów edytorskich czy piśmienniczych. W rozprawie użyto bardzo poprawnego języka technicznego, z odwołaniem do aktualnych norm i jednostek.

2.4. Ocena realizacji celu naukowego pracy

Doktorant realizował podjęty problem naukowy między innymi poprzez opracowanie szeregu modeli teoretycznych (zależnie od rozpatrywanego zagadnienia), badania laboratoryjne bądź terenowe oraz adekwatne analizy numeryczne z użyciem oprogramowania MES.

Podjęty problem badaczy został zrealizowany z dużą szczegółowością, z uwzględnieniem szerokiego spektrum czynników wpływowych. Eksperymenty zostały przeprowadzone według kompletnego planu eksperymentu, a wyniki były weryfikowane kilkoma metodami, co zwiększa zaufanie do ich wiarygodności.

Cel rozprawy wynikający z przyjętego jej zakresu został w zrealizowane tak w zakresie analiz teoretycznych jak i walidacji eksperymentalnej. W świetle uzyskanych wyników, postawioną hipotezę badawczą należy uznać za w pełni potwierdzoną, a problem badawczy rozwiązany z sukcesem.

2.5. Ocena wyników badań

Uzyskane wyniki zostały szczegółowo przeanalizowane, opisane w wyczerpujący sposób i zobrazowane graficznie w przystępnej i czytelnej formie. Znacznie poszerzają i uzupełniają istniejącą wiedzę a w wielu aspektach dostarczają zupełnie nowej wiedzy w poznaniu znaczenia poszczególnych czynników środowiska górniczego, w tym roli zmiennych sił dynamicznych, w procesie zużycia całkowitego ogniw łańcuchowych w strefie ich przegubów oraz ich łącznego, synergistycznego oddziaływania.

2.6. Aspekty praktycznego wykorzystania wyników badań

Wyniki prowadzonych przez Doktoranta badań, mają duże szanse na praktyczne zastosowanie w praktyce z uwagi na interdyscyplinarność poruszanej tematyki. Szczególny obszar zastosowań

to oczywiście przemysł wydobywczy i branże, gdzie występuje transport przenośnikami wyposażonymi w łańcuch bądź cięga z przegubami.

Realizacja badań eksploatacyjnych według przedstawionej w rozprawie może mieć postać usług badawczych, które mogą być wdrożone u pracodawcy doktoranta. Ponadto, opracowano koncepcję stanowiska badawczego przeznaczonego (rys.10.1) do badań łańcuchów przenośników ścianowych o rozmiarach stosowanych w krajowym górnictwie, co znacznie poszerza możliwości wykorzystania wyników rozprawy w praktyce.

2.7. Ocena oryginalności rozprawy

Rozprawa zawiera szereg oryginalnych elementów, do których można zaliczyć np. autorskie stanowisko i metodę badawczą służące do określania wskaźników zużycia, metodę wyznaczania parametrów geometrycznych powierzchni zużycia realizowaną z zastosowaniem skanera 3D.

2.8. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej Kandydata

Ogólną wiedzę oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oceniam bardzo pozytywnie. Doktorant wykazał się dużą dociekliwością w analizie złożonego problemu naukowego. Posiada dużą wiedzę w zakresie planowania eksperymentu, analizy potencjalnych błędów a mając ten aspekt na uwadze, przejawia dużą ostrożność w formułowaniu wniosków oraz ma świadomość konieczności weryfikacji pozyskiwanych wyników innymi metodami badawczymi. Eksperymenty z użyciem zaproponowanej metody pomiarowej oraz skonstruowanego stanowiska badawczego z dedykowanym układem pomiarowym i sterowania wykazują, że opiniowany posiada umiejętności samodzielnego prowadzenia prac naukowo – badawczych. Zaproponowane modele empiryczne, wyniki uzyskane na bazie analiz teoretycznych i zwalidowane doświadczalnie oraz ostrożność we wnioskowaniu w konfrontacji do niepewności przebiegu niektórych zjawisk potwierdzają dobre przygotowanie teoretyczne i umiejętność prowadzenia badań analitycznych i laboratoryjnych, przez Doktoranta.

Doktorant posiada ugruntowaną wiedzę dotyczącą cyfrowych pomiarów wielkości fizycznych oraz przetwarzania sygnałów pomiarowych. Analizy numeryczne z użyciem programów MES wykazują umiejętności doktoranta w zakresie wykorzystania technik wspomagania pracy inżynierskich systemami CAD/MES. Przedstawione opisy uzyskanych wyników świadczą o umiejętnościach w zakresie uogólniania pozyskiwanej wiedzy i jej upowszechniania.

3. Wniosek końcowy

W oparciu o przedstawioną rozprawę stwierdzam, że zawiera wartościowe wyniki badań, stanowi oryginalne rozwiązanie przez doktoranta problemu naukowego z zakresu dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Rozprawa ma znaczenie aplikacyjne i poznawcze a uzyskane wyniki mogą być wykorzystywane w dalszych pracach, nad doskonaleniem metod prognozowania i przeciwdziałania zużyciu elementów konstrukcyjnych maszyn pracujących w środowiskach agresywnych w obecności zmiennych obciążeń.

*Stąd też stwierdzam, że rozprawa doktorska magistra Mateusza Wójcickiego, pt.: „Identyfikacja synergizmu oddziaływania czynników środowiska kopalnianego w aspekcie ograniczenia zużycia ogniw łańcuchowych przenośników zgrzeblowych” **spełnia** wymogi zawarte w art.187 ust.1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.).*

Wnioskuje zatem o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Z uwagi na bardzo wysoki poziom merytoryczny i naukowy rozprawy, wartość poznawczą i użyteczną uzyskanych wyników wnoszę o wyróżnienie rozprawy.

Podpisał Józef Jonak