

Gliwice, 5 września 2023 r.

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

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej
pt. „Klasyfikacja efektywności energetycznej przenośników taśmowych”

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej pt. „Klasyfikacja efektywności energetycznej przenośników taśmowych” zrealizowanej na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii pod opieką dr hab. inż. Roberta Króla, prof. uczelni została opracowana na podstawie *Zawiadomienia nr 42/07/D08/2023 z dnia 14 lipca 2023 r. Prorektora ds. Nauki Politechniki Wrocławskiej o wyznaczeniu na Recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora.*

2. Ogólna charakterystyka pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa liczy łącznie 87 stron. Praca składa się ze streszczenia w języku polskim, dziewięciu rozdziałów zawierających opracowanie tekstowe, czterdziestu dziewięciu rysunków, dziewiętnastu tabel, spisu literatury, rysunków i tabel. Spis literatury zawiera 151 pozycji, w tym jedną publikację własną Autorki i jedną współautorską. Zrealizowana praca doktorska współfinansowana była ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego o numerze projektu POWR.03.02.00-00-I003/16.

Pierwszy rozdział przedłożonej pracy stanowi wprowadzenie do tematyki rozprawy. Doktorantka opisuje przenośniki taśmowe jako jeden z najbardziej efektywnych sposobów odstawy urobku zwracając jednak uwagę na poziom zużywanej energii elektrycznej. Autorka charakteryzuje zagadnienie efektywności energetycznej transportu taśmowego jako istotne z punktu widzenia koncepcji zrównoważonego rozwoju oraz regulacji prawnych mających na celu efektywne wykorzystanie energii elektrycznej.

Drugi rozdział rozprawy stanowi obszerny przegląd literatury dotyczący kierunków rozwoju efektywnego energetycznie transportu przenośnikowego. Autorka odwołuje się zarówno do krajowej jak i zagranicznej literatury prezentując dwie koncepcje dotyczące efektywności energetycznej oraz opisując wskaźnik efektywności energetycznej (SEC). Autorka charakteryzuje koncepcję POET określającą poziomy efektywności energetycznej oraz koncepcję etykiet efektywności energetycznej umożliwiającą ocenę energochłonności

przenośników taśmowych. Doktorantka wskazuje, że obecnie nie istnieje uniwersalna metoda oceny przenośników taśmowych w aspekcie ich energochłonności. Autorka podkreśla fakt, że przenośniki taśmowe należy oceniać i klasyfikować nie tylko pod względem ich konstrukcji mechanicznej, ale także pod kątem ich prawidłowego użytkowania.

Bazując na wynikach analizy literaturowej Autorka zdefiniowała w rozdziale trzecim główny cel pracy jakim jest opracowanie klasyfikacji przenośników taśmowych w aspekcie efektywności energetycznej oraz sprecyzowała zadania szczegółowe dla osiągnięcia wskazanego celu.

W rozdziale czwartym przeprowadzono analizę efektywności energetycznej przenośników taśmowych pracujących w kopalni odkrywkowej w ciągu nadkładowym. Autorka przeprowadziła statystyczną analizę zużycia energii elektrycznej i wskaźnika efektywności energetycznej (SEC) dla przedmiotowego ciągu transportowego. W kolejnej części wykorzystowała algorytm k-średnich do podzielenia zbioru danych na grupy odzwierciedlające klasy efektywności energetycznej. W końcowej części rozdziału podsumowano, że opracowanie właściwa ocena efektywności energetycznej przenośników taśmowych powinna uwzględniać wykorzystanie potencjału transportowego przenośnika, jego parametry konstrukcyjne oraz środowisko jego pracy.

Rozdział piąty przedstawia analizę efektywności energetycznej przenośników taśmowych pracujących w podziemnej kopalni rud metali nieżelaznych, która obejmuje analizę zużycia energii elektrycznej i wskaźnika energochłonności (SEC). Uzyskane wyniki pozwoliły Doktorantce na stwierdzenie, że ocena efektywności wykorzystania energii elektrycznej w celu zrealizowania zdefiniowanego zadania transportowego powinna być przeprowadzana na podstawie wartości wskaźnika energochłonności (SEC) różnego dla różnych zakresów kąta nachylenia przenośnika oraz różnych zakresów obciążenia przenośnika nosiwem.

Szósty rozdział poświęcony jest prognozie wskaźnika energochłonności przenośników taśmowych wykorzystującej symulację Monte Carlo. Do przeprowadzenia obliczeń Autorka wykorzystowała model obliczeniowy przenośnika taśmowego oparty na metodzie podstawowej obliczania oporów ruchu. Uzyskane wyniki zostały zweryfikowane poprzez ich porównanie z danymi rzeczywistymi i wykorzystane w dalszej części pracy.

Siódmy rozdział niniejszej pracy zawiera opis procedury służącej do wyznaczania klas efektywności energetycznej. Doktorantka prezentuje główną ideę metody klasyfikacji przenośników taśmowych w aspekcie ich efektywności energetycznej uwzględniając kategorie kąta nachylenia i obciążenia przenośnika jako główne parametry eksploatacyjne, a wartość wskaźnika energochłonności traktując jako parametr referencyjny klasy efektywności energetycznej. Wynikiem przeprowadzonych prac są zaproponowane przez Doktorantkę macierzowe klasy efektywności energetycznej.

W rozdziale ósmym Autorka przedstawia sposób nadawania etykiet efektywności energetycznej rzeczywistym przenośnikom taśmowym w oparciu o chwilowe obserwacje charakteryzujące ich pracę z obciążeniem. Zaprezentowana w kolejnej części agregacja

etykiet do rozliczeniowego czasu pracy przesyłnika pozwoliła na jednoznaczną i obiektywną ocenę efektywności energetycznej rozważanych przesyłników.

Rozdział dziewiąty prezentuje podsumowanie i wnioski, które potwierdzają zrealizowanie postawionego celu pracy. Doktorantka podejmując tematykę efektywności energetycznej przesyłników taśmowych opracowała metodę klasyfikacji przesyłników taśmowych w aspekcie ich efektywności energetycznej, przedstawiła zakres jej stosowania, a także możliwe perspektywy wdrożenia.

3. Merytoryczna ocena pracy

Tematyka niniejszej rozprawy doktorskiej dotyczy jakości eksploatacji przesyłników taśmowych, a w szczególności zagadnienia ich efektywności energetycznej. Doktorantka w recenzowanej rozprawie porusza aktualny z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju i regulacji prawnych temat efektywnej i energooszczędnej odstawy nosiwa. Autorka wyraźnie wskazuje na intensywny rozwój efektywnego energetycznie transportu taśmowego na poziomie sprzętowym, technologicznym i operacyjnym powołując się na najnowsze opracowania literaturowe. Zaznacza przy tym brak uniwersalnego podejścia do oceny implementowanych działań poprawiających efektywność energetyczną przesyłników taśmowych i uzasadnia celowość podjętej pracy.

Podczas realizacji pracy doktorskiej Doktorantka dokonała rzetelnej i obszernej analizy literatury przedmiotowej, przeprowadziła analizy energochłonności transportu przesyłnikowego wykorzystując dane eksploatacyjne dla kopalni odkrywkowej i podziemnej, zbudowała model prognozujący wskaźnik energochłonności przesyłników taśmowych wykorzystując symulacje Monte Carlo, opracowała metodykę klasyfikacji i oceny efektywności energetycznej przesyłników taśmowych definiując etykiety efektywności energetycznej, sformułowała wnioski i wskazała potencjalne kierunki dalszych badań.

Za główne osiągnięcia Doktorantki uznają:

- przeprowadzenie badań empirycznych i teoretycznych celem porównania energochłonności przesyłników taśmowych zarówno w górnictwie odkrywkowym jak i podziemnym,
- opracowanie autorskiej metodyki wyznaczania klas efektywności energetycznej przesyłników taśmowych opartej na prognozowaniu wskaźnika energochłonności z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo i podziale zbioru danych z wykorzystaniem wartości kwartyli,
- opracowanie klasyfikacji przesyłników taśmowych w aspekcie ich efektywności energetycznej uwzględniającej kąt nachylenia trasy przesyłnika i jego obciążenie nosiwem jako główne parametry eksploatacyjne, a wartość wskaźnika energochłonności traktując jako parametr referencyjny klasy efektywności energetycznej,
- opracowanie macierzowych klas efektywności energetycznej przesyłników taśmowych będących uniwersalnym narzędziem do oceny jakości eksploatacji przesyłników taśmowych.

Układ rozprawy jest logiczny i właściwy. Doktorantka wykazała się znajomością problemu, a przyjęty sposób opracowania problemu badawczego został dobrany prawidłowo. Uważam, że przedłożona rozprawa prezentuje wysoki poziom naukowy i stanowi osiągnięcie naukowo-badawcze o charakterze interdyscyplinarnym.

4. Uwagi krytyczne

Odnosząc się do strony redakcyjnej rozprawy stwierdzam, że jest ona napisana precyzyjnym i poprawnym językiem. Autorka przedstawia rozwiązanie problemu w sposób zwięzły prezentując końcowe wyniki, ograniczając tym samym nadmierną objętość pracy. W rozprawie odnotowałem nieliczne błędy edytorskie, które dotyczą konsekwencji stosowanego nazewnictwa w przypadku opisu procesu etykietyzacji w rozdziale 8 (obserwacja, wynik, moment pracy oznaczane etykietami efektywności energetycznej), wyrazów wiszących i interpunkcji, zachowania jednolitego formatu tabel (w szczególności jednostki dla prezentowanych parametrów; por. Tabela 2, Tabela 9 i Tabela 11), wyjaśnień symboli użytych we wzorach (np. wzory nr 11 i 12) czy prezentowania rysunków w układzie kolumnowym, który zmniejsza ich czytelność na wydruku (np. Rysunek 38). Wskazane uwagi nie umniejszają jednak wartości naukowej i badawczej recenzowanej pracy.

W pracy przeanalizowano w pierwszym etapie przenośniki wchodzące w skład taśmociągu w kopalni odkrywkowej, a następnie przenośniki pracujące w kopalni podziemnej. Z doświadczeń wynikających z analiz w etapie pierwszym wywnioskowano, że do oceny poszczególnych punktów pracy przenośników konieczne jest uwzględnienie pełnego zakresu możliwych punktów pracy. Jak punkt odniesienia zaproponowano zbiór danych wysymulowanych, na podstawie konstrukcji przenośników, ich geometrii oraz danych na temat wydajności i mocy napędów. Mam kilka pytań z tym związanych, które stanowią uwagi typu dyskusyjnego.

- 1) Do symulacji poszczególnych punktów pracy wykorzystano metodę podstawową do obliczeń przenośników. Jak wiadomo istnieją metody znacznie dokładniejsze, które uwzględniają znacznie więcej parametrów. Metoda podstawowa często opiera się na współczynnikach subiektywnie dobranych z tabel oraz dostarcza wyników z „zapasem bezpieczeństwa”. Dlaczego do tworzenia symulacji wybrano metodę podstawową?
- 2) Kopalnia często stanowi „żywy organizm” w znaczeniu często następujących zamian tras przenośników, ich wydłużania a także budowy nowych tras i likwidację tych niepotrzebnych. Czy możliwe jest, aby zaproponowana metoda oceny przenośników nadążyła z zachodzącymi zmianami?
- 3) Biegi jałowe przenośnika to zjawisko, które często występuje w zakładach wydobywczych. W takich momentach przenośnik nie realizuje zadania jakim jest transport masy, zatem taka praca jest pracą nieefektywną. W jaki sposób odnieść się do tej części obserwacji?

5. Końcowa ocena pracy

Rozprawę doktorską mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej pomimo drobnych uchybień oceniam wysoko. Jej tematyka w pełni odpowiada obszarowi dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych. Praca prezentuje ogólną wiedzę Autorki w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Cel pracy został osiągnięty, a opracowana metoda nadawania etykiet efektywności energetycznej przenośnikom taśmowym jest nowatorskim rozwiązaniem problemu oceny jakości eksploatacji przenośników i stanowi oryginalny dorobek naukowy Doktorantki. Treści zawarte w rozprawie mają charakter poznawczy i użyteczny, ponieważ pozwala na doskonalenie procesów zarządzania odstawą urobku w przemyśle wydobywczym. Tym samym stwierdzam, że Doktorantka wykazała się odpowiednią wiedzą i umiejętnościami pretendującymi ją do uzyskania stopnia doktora nauk technicznych.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej pt. „*Klasyfikacja efektywności energetycznej przenośników taśmowych*” odpowiada warunkom określonym w art. 187 ust.1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2022. poz. 574 z późn. zm.). Wnioskuje zatem o dopuszczenie pracy do publicznej obrony. Z uwagi na wysoki poziom naukowy rozprawy, oryginalność zaproponowanej koncepcji badawczej oraz interdyscyplinarny charakter osiągnięć naukowo-badawczych kieruję wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Suchorab-Matuszewskiej', written in a cursive style.