

Dr hab. inż. Krzysztof Kotwica, prof. AGH
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków, dnia 8 sierpnia 2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej pt.

„Klasyfikacja efektywności energetycznej przenośników taśmowych”

Recenzja wykonana na podstawie zlecenia nr RDND08/1113/2023 Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechnika Wrocławska, Dr hab. inż. Małgorzaty Wolskiej, prof. Uczelni z dnia 20 lipca 2023 r. oraz Zawiadomienia nr 43/07/D08/2023 o wyznaczeniu na Recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora z dnia 14.07.2023 r. przez Prorektora ds. Nauki prof. Andrzeja Ożyhara.

1. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska przedłożona do recenzji składa się ze streszczenia, spisu treści, dziewięciu rozdziałów, bibliografii zawierającej 151 pozycji literaturowych (w tym jedna publikacja własna doktorantki oraz jedna jako współautor) oraz spisu rysunków i tabel. Objętość pracy wynosi 87 stron. Zamieszczono w niej 19 tabel oraz 49 rysunków.

Tematyka pracy dotyczy bardzo aktualnego obecnie zagadnienia związanego ze zwiększeniem efektywności energetycznej przenośników taśmowych, co bezpośrednio dotyczy także oszczędności w poborze energii elektrycznej. Koreluje to z aktualnie wytyczonymi trendami energooszczędnego transportu, celami zrównoważonego rozwoju i ustawodawstwa europejskiego. Do tej pory działania związane z ograniczaniem poboru mocy dotyczyły głównie modernizacji istniejących przenośników, np. poprzez montaż nowych krążników i redukcję ich oporów lub stosowania nowoczesnych rozwiązań napędu i sterowania tych przenośników. Brano także pod uwagę sposób eksploatacji przenośnika, stopień jego zużycia oraz warunki pracy. Nie ma obecnie opracowanej metodyki, która umożliwiłaby ocenę efektywności energetycznej przenośnika taśmowego. Głównie szacowanie tej efektywności bazuje na określeniu wartości wskaźnika energochłonności, pozwalającej w sposób obiektywny porównywać przenośników o bardzo zróżnicowanych parametrach eksploatacyjnych.

Zamierzeniem Autorki recenzowanej rozprawy było poszerzenie stanu wiedzy w zakresie określenia efektywności energetycznej przenośników taśmowych poprzez empiryczne porównanie energochłonności przenośników pracujących w jednym ciągu transportowym w kopalni odkrywkowej węgla brunatnego, a następnie w kopalni podziemnej. Przeprowadzone badania wpływu przetransportowanej objętości nosiwa na poziom zużycia energii elektrycznej oraz wskaźnika efektywności energetycznej pozwoliły Autorce na wytypowanie przenośników charakteryzujących się wyższą energochłonnością. Uzyskane wyniki umożliwiły także na wykonanie symulacji komputerowej i opracowanie modelu obliczeniowego pozwalającego na oszacowanie wartości m.in. parametru wskaźnika energochłonności. Wartości te posłużyły Autorce jako kryteria zatrzymania dla iteracyjnego algorytmu nadającego etykiety efektywności energetycznej dla eksploatowanych przenośników taśmowych.

Zaproponowana w rozprawie przez Autorkę metoda klasyfikacji przenośników taśmowych w aspekcie ich efektywności energetycznej uwzględnia jako główne parametry eksploatacyjne wartości kąta nachylenia oraz obciążenia przenośnika. Wartość wskaźnika energochłonności

uznawana jest jako parametr referencyjny klasy efektywności energetycznej. Opracowane macierzowe klasy efektywności energetycznej są, według Autorki, miarodajnym i uniwersalnym narzędziem oceny jakości eksploatacji i kontroli systemu transportu przesyłowego.

Pierwszy rozdział rozprawy stanowi wstęp, w którym Autorka opisuje transport przesyłowy jako najbardziej bezpieczny, wydajny, niezawodny i przyjazny środowisku środek transportu. Jest to jednak konsument znacznej ilości energii elektrycznej. Liczne analizy i badania pokazują, że można osiągnąć znaczną (nawet do kilkunastu %) redukcję kosztów energii elektrycznej w przypadku tych przesyłowników. W rozdziale przedstawiono czynniki jakie mogą ją spowodować oraz aspekty prawne regulujące kwestie efektywności energetycznej. W podsumowaniu stwierdzono, że każde działanie mające na celu optymalizację lub ograniczenie zużycia energii elektrycznej jest działaniem zorientowanym na jej zrównoważone zużycie, a co za tym idzie wykonywaniem działań na rzecz przyspieszenia postępów w realizacji celów zrównoważonego rozwoju oraz regulacji prawnych dotyczących efektywności energetycznej. Efektywne wykorzystanie energii wydaje się zatem absolutną koniecznością, zwłaszcza w przypadku energochłonnych operacji wydobywczych, wśród których wyróżnia się transport materiałów.

W rozdziale drugim Autorka, na podstawie wyników analizy obszernego zestawu literatury, omówiła kierunki rozwoju efektywnego energetycznie transportu przesyłowego w kontekście perspektywy komponentów efektywności energetycznej, perspektywę etykiet efektywności energetycznej oraz Wskaźnik efektywności energetycznej. W pierwszej części przedstawiono środki do poprawy efektywności energetycznej przesyłownika taśmowego: sprzętowe – poprzez zmianę konfiguracji sprzętu, zmniejszenie oporów ruchu przesyłownika poprzez dobór odpowiednich podzespołów, poprawę sprawności układu napędowego czy optymalizację bębnowych układów napędowych; operacyjne – zwiększenie stopnia wykorzystania zdolności transportowej przesyłownika poprzez działania organizacyjno – techniczne i technologiczne – poprzez wykorzystanie najnowszych dostępnych technologii pośrednio wpływających na poprawę efektywności energetycznej przesyłowników taśmowych oraz monitorowanie i diagnostykę przesyłowników taśmowych i ich podzespołów. Chociaż te działania pozwalają na znaczną redukcję poboru energii to to wciąż istnieje potrzeba wprowadzenia wskaźnika oraz wypracowania podejścia, które pozwoli na miarodajną ocenę skutków działań obniżających energochłonność. Kolejno wskazano na potrzebę wprowadzenia standardów efektywnych energetycznie przesyłowników taśmowych bazujących na wartości wskaźnika efektywności energetycznej oraz klasie warunków eksploatacyjnych przesyłownika. Przedstawiono ideę zakładającą kompleksowe podejście do standaryzacji energooszczędności przesyłowników taśmowych umożliwiając użytkownikowi wiarygodną ocenę zastosowanego w danych warunkach rozwiązania transportowego. Stwierdzono jednak, że parametry pracy przesyłowników nie mogą być standaryzowane, ponieważ każdy z nich jest projektowany indywidualnie do zrealizowania określonego zadania w konkretnych warunkach pracy i przesyłniki taśmowe należy oceniać i klasyfikować nie tylko pod względem konstrukcji mechanicznej, ale także pod kątem ich prawidłowego użytkowania. W końcowej części rozdziału opisano wskaźnik energochłonności przesyłownika taśmowego, zwany zamiennie wskaźnikiem efektywności energetycznej, definiowany jako wartość zużycia energii elektrycznej przez napęd przesyłownika (w Wh) na przetransportowanie 1 kg lub 1 m³ urobku na odległość 1 m w czasie 1 s. Rozdział ten podsumowano stwierdzeniem, że działaniem skutkującym obniżeniem wartości wskaźnika energochłonności jest sterowanie poziomem załadunku przesyłownika nosiwem. Wraz ze wzrostem stopnia obciążenia przesyłownika rośnie stopień wykorzystania mocy zainstalowanego napędu. Jednakże wzrost masy nosiwa powoduje również wzrost oporów ruchu przesyłownika. Oznacza to, że rozważane parametry są ze sobą powiązane i skorelowane, co prowadzi do stwierdzenia, że analizowane zagadnienie jest złożone i wymaga wieloaspektowego podejścia.

Na podstawie wniosków opracowanych w wyniku przeglądu literaturowego Autorka w rozdziale 3 zdefiniowała główny cel pracy: opracowanie klasyfikacji przesyłowników taśmowych

w aspekcie efektywności energetycznej dla oceny poszczególnych przenośników taśmowych i układów transportowych, porównania poziomu efektywności energetycznej analizowanych obiektów i identyfikacji stanów i przyczyn nieefektywnej pracy przenośnika. Sprecyzowała też zadania szczegółowe dla realizacji ww. celu.

W rozdziale 4 przedstawiono wyniki oceny energochłonności systemu 6 przenośników taśmowych pracujących w kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w szeregowym układzie transportowym i stanowiących tzw. obwodnicę nadkładową. Opisano wyniki analizy zużycia energii elektrycznej w funkcji objętości przetransportowanego nadkładu oraz podano obliczone dla tych przenośników wartości wskaźnika efektywności energetycznej. W kolejnym kroku Autorka wykorzystowała algorytm grupowania k-średnich, bazujący na analizie skupień, celem podziału zbioru danych na grupy odzwierciedlające klasy efektywności energetycznej. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że właściwa ocena efektywności energetycznej przenośnika taśmowego powinna uwzględniać wielkość transportowanej masy w stosunku do wydajności maksymalnej, parametry konstrukcyjne przenośnika oraz charakterystykę środowiska jego pracy. Ponadto istotnym aspektem przy prawidłowej ocenie efektywności energetycznej jest uwzględnienie wykorzystania potencjału transportowego przenośników. Na tej podstawie zaproponowano rozwiązanie postawionego problemu poprzez przeanalizowanie zestawu danych dla przenośników pracujących w porównywalnych warunkach, charakteryzujących się podobnymi parametrami konstrukcyjnymi i pracujących w pełnym zakresie obciążeń.

Rozdział 5 zawiera wyniki oceny energochłonności systemu przenośników taśmowych pracujących w podziemnej kopalni rud metali nieżelaznych. Pracujący w kopalni system przenośników taśmowych pełnił rolę układu transportu oddziałowego jak i głównego. Przedstawiono wyniki badań podobnych jak opisane w rozdziale 4, poza wyznaczeniem klas efektywności energetycznej z wykorzystaniem algorytmu grupowania k-średnich. Na ich podstawie Autorka stwierdziła, że ostateczna klasyfikacja przenośników taśmowych powinna być przeprowadzana na podstawie wskaźnika efektywności energetycznej, przy zróżnicowanych wartościach granicznych dla różnych kategorii nachylenia i obciążenia. Dodatkowo monitorowanie wskaźników, wnioskowanie na ich podstawie oraz wykorzystanie ich do oceny efektywności wykorzystania energii elektrycznej w celu zrealizowania zdefiniowanego zadania transportowego powinno odbywać się na podstawie wskaźników wyznaczonych w krótkich okresach i dla wyraźnie zdefiniowanych stanów pracy. W rezultacie takie podejście umożliwi ocenę racjonalnego wykorzystania przenośników, a także identyfikację obszarów wymagających poprawy pod względem oszczędzania energii.

Realizację ww. celu Autorka przedstawiła w rozdziale 6, wykorzystując symulację Monte Carlo, z powodzeniem stosowaną w problemach optymalizacji zużycia energii. Krótko opisana została idea tej symulacji oraz zaproponowany tok obliczeń i model obliczeniowy przenośnika taśmowego oparty na metodzie podstawowej obliczania oporów ruchu przenośnika taśmowego. Zamieszczono i przeanalizowano także zbiory danych stochastycznych oraz deterministyczne. Uzyskane z pomocą zaproponowanego modelu wyniki zostały zweryfikowane z wykorzystaniem danych rzeczywistymi otrzymanymi podczas pomiarów w kopalni podziemnej. Uzyskano dużą zgodność wyników symulacji z pomiarami rzeczywistymi, co pozwoliło na stwierdzenie, że model jest poprawnie zaimplementowany oraz ma sens fizyczny.

Rozdział 7 zawiera opis wyznaczenia klas efektywności energetycznej. Wykorzystując wyniki otrzymane z zastosowaniem opracowanej metody modelowania wskaźnika energochłonności z użyciem symulacji Monte Carlo, przeprowadzono procedurę podziału otrzymanych danych symulacyjnych na klasy efektywności energetycznej. Na podstawie sporządzonych wykresów oraz opracowanych macierzy, w których wykorzystano wartości graniczne klas efektywności energetycznej jako kryterium zatrzymania dla iteracyjnego algorytmu klasyfikującego, wygenerowanego z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo, Autorka nadała poszczególnym danym etykiety klas efektywności energetycznej. Wynik klasyfikacji pokazano na rysunku 40.

W rozdziale 8 Autorka przedstawiła sposób określenia klas efektywności energetycznej dla rzeczywistych przenośników taśmowych (zaproponowano 5 klas A, B, C, D i E) oraz ocenę ich efektywności energetycznej. Przedstawione wyniki dostarczają wielu cennych informacji na temat stanu jakości i efektywności eksploatacji przedmiotowych przenośników. Niemniej jednak, ocena efektywności energetycznej przenośników taśmowych powinna odbywać się w odniesieniu do konkretnego przedziału czasowego, charakterystycznego dla trybu pracy w danej kopalni. Za taką jednostkę uznano zmianę roboczą, co wynika ze zmianowego raportowania stosowanego w kopalni.

Wyznaczone zmianowe klasy efektywności energetycznej przenośników taśmowych pozwalają na porównanie efektywności ich eksploatacji, ale mogą być również przydatnym narzędziem do zidentyfikowania czynników o charakterze organizacyjno-technicznym mających wpływ na efektywny lub nieefektywny transport nosiwa.

Zaproponowana metoda klasyfikacji pozwala również na wnioskowanie o typie zastosowanych podzespołów lub potrzebie ich modernizacji, mającej na celu obniżenie energochłonności przenośnika. Przypisane klasy umożliwiają też badanie wpływu zastosowanych komponentów na energochłonność. Przykładowo przenośniki z energooszczędną taśmą, krążnikami o obniżonych oporach obracania oraz napędem o wysokiej sprawności w pełnym zakresie obciążeń będą częściej charakteryzowały się pracą w klasach o wysokiej efektywności energetycznej aniżeli przenośniki ze standardowymi podzespołami.

Pracę Autorka zakończyła w rozdziale 9 podsumowaniem i wnioskami końcowymi. Przedstawiła w nich celowość i efektywność opracowanej przez Nią metody klasyfikacji efektywności energetycznej przenośników taśmowych, zakres jej stosowania oraz perspektywy wykorzystania w przemyśle wydobywczym i ewentualne jej ograniczenia. Zaproponowana metoda klasyfikacji w aspekcie efektywności energetycznej przenośników taśmowych pracujących pod obciążeniem może być zastosowana w dowolnym zakładzie górniczym i umożliwia przetwarzanie źródłowych danych eksploatacyjnych z systemów pomiarowych w informację o jakości eksploatacji urządzeń transportowych. Proponowana metoda powinna jednak uwzględniać pracę przenośników na biegu luzem i jej wpływ na zmianę klasy efektywności energetycznej.

Sformułowane wnioski pozwalają na stwierdzenie, że doktorantka zrealizowała postawiany w pracy główny cel badawczy jakim było opracowanie klasyfikacji przenośników taśmowych w aspekcie efektywności energetycznej do oceny poszczególnych przenośników taśmowych i układów transportowych, porównania poziomu efektywności energetycznej analizowanych obiektów oraz identyfikacji stanów i przyczyn nieefektywnej pracy przenośnika.

2. Główne osiągnięcia naukowe

Recenzowana rozprawa doktorska przedstawia bardzo ważne zagadnienie związane z określeniem efektywności energetycznej przenośników taśmowych. W chwili obecnej nie ma opracowanej metodyki, która umożliwiałaby ocenę efektywności energetycznej przenośników taśmowych w sposób jednoznaczny i obiektywny uwzględniając ich parametry techniczne, sposób eksploatacji i warunki prac.

Doktorantka w pracy przedstawiła wyniki przeprowadzonych przez siebie badań empirycznych oraz teoretycznych, których celem było opracowanie klasyfikacji przenośników taśmowych w aspekcie efektywności energetycznej dla oceny poszczególnych przenośników taśmowych i układów transportowych, porównania poziomu efektywności energetycznej analizowanych obiektów oraz identyfikacji stanów i przyczyn nieefektywnej pracy przenośnika.

Dla osiągnięcia tego celu przeprowadziła badania w kopalni odkrywkowej węgla brunatnego i w kopalni podziemnej rud miedzi przenośników taśmowych pracujących w jednym ciągu lub systemie transportowym. Podczas przeprowadzonych badań określiła wpływ przetransportowanej objętości nosiwa na poziom zużycia energii elektrycznej oraz wskaźnika efektywności.

Na podstawie uzyskanych wyników zaproponowała klasyfikację przenośników taśmowych w aspekcie ich efektywności energetycznej, która wymagała wygenerowania zbioru danych

reprezentującego przenośniki o różnych parametrach konstrukcyjnych, pracujące w pełnym zakresie obciążeń i w porównywalnych warunkach. Do tego celu wykorzystano symulację Monte Carlo. Zastosowany model obliczeniowy oparty na metodzie podstawowej oporów ruchu przenośnika taśmowego, pozwolił na uzyskanie danych wyjściowych, m.in. parametru wskaźnika energochłonności i wygenerowanie danych symulacyjnych.

Zostały one zweryfikowane poprzez ich porównanie z danymi rzeczywistymi, a następnie podzielone pod względem takich kryteriów jak kąt nachylenia trasy i obciążenie przenośnika. Pozwoliło to Doktorantce na opracowanie autorskiej 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. Opracowane macierzowe klasy efektywności energetycznej mogą być miarodajnym i uniwersalnym narzędziem oceny jakości eksploatacji i kontroli systemu transportu przenośnikowego. Jest to moim zdaniem największe osiągnięcie naukowe Doktorantki, chociaż odnoszące się do pracy przenośników z obciążeniem. Opracowana metoda może być zaimplementowana w systemie informatycznym w dowolnym zakładzie górniczym.

Ponadto Doktorantka w pracy sformułowała wnioski i wytyczne pozwalające na dalszy rozwój metody, tak aby również uwzględniać pracę przenośników na biegu jałowym i jej wpływ na zmianę klasy efektywności energetycznej. Analizy biegu jałowego została pominięta w pracy z uwagi na brak możliwości wyznaczenia SEC dla tych stanów pracy, a ich implementacja w systemie może być odrębnym zagadnieniem badawczym niż to poruszone w pracy.

3. Uwagi krytyczne

Praca napisana jest w sposób czytelny. Materiały źródłowe są poprawnie cytowane w tekście. Niemniej jednak chciałbym zwrócić uwagę Autorki na kilka usterek w pracy, które według mnie powinny zostać uwzględnione w przypadku publikacji wyników rozprawy doktorskiej w czasopiśmie naukowych. Ponadto mam kilka istotnych oraz pomniejszych uwag dotyczących redagowania tekstu rozprawy. Uwagi te podzieliłem na ogólne i szczegółowe i zamieściłem poniżej.

3.1. Uwagi ogólne

Największe uwagi mam do formy edytorskiej i redakcyjnej rozprawy. Autorka w pracy bardzo „oszczędnie” opisuje lub komentuje prowadzone prace oraz uzyskane wyniki. Dotyczy to głównie opisu i prezentacji obliczeń wykonanych podczas realizacji pracy – jest ich brak, podane są tylko wartości końcowe. Przykładowo na stronie 18 podano wartość współczynnika korelacji rang Spearmana a nie przedstawiono sposobu jego obliczenia, strona 19 – pierwszy akapit – jak wynika z przeprowadzonej analizy – jakiej, nie opisano jej, strona 34 – przedostatni akapit; obliczenia przedziałów ufności dla przenośników PA, PB i PC, kolejno opis nieparametrycznego testu U Manna-Whitneya, str. 38 – pierwszy akapit, rzeczywiste zużycie energii elektrycznej dla przenośników PA, PB i PC, pierwszy akapit rozdziału 5.2 - przeprowadzone obliczenia zużycia energii elektrycznej na przetransportowanie 1 kg nosiwa na odległość 1 m, str. 39 - Test Kołmogorowa Smirnowa, obliczenie KS-statistic i p-value. Tak jest jeszcze w kilkunastu przypadkach. Najlepiej pod tym względem prezentuje się rozdział nr 6. Obliczenia te, z ich komentarzem, mogłyby być zamieszczone np. w załącznikach, jeżeli Autorka nie chciała zwiększać rozmiaru pracy.

W rozprawie według mnie powinien znaleźć się wykaz zastosowanych zmiennych wraz z ich opisem i jednostkami. Uprościłoby to opis zmiennych stosowany przez doktorantkę pod poszczególnymi wzorami.

W przypadku recenzowanej rozprawy brak ujednolicenia edycji wzorów i opisu zmiennych z tych równań. Równania powinny mieć na końcu podaną jednostkę wynikową. Pozwoliłoby to na sprawdzenie poprawności danego równania. Większość równań jest edytowana jak np. równania

(1) i (2), gdzie opisy zmiennych są bardzo nieczytelne. Powinny być one moim zdaniem w podobnej formie jak równanie (11), z tym że opisy zmiennych ze wzorów oraz wyszczególnienia i wypunktowania w tekście powinny być raczej odsunięte od lewego marginesu i napisane z wysunięciem drugiej i pozostałych linijek tekstu.

Sposób numeracji rysunków, tabel i wzorów jest moim zdaniem nieodpowiedni. Powinny one mieć numerację powiązaną bezpośrednio z numerami rozdziałów np. Rys. 2.1. Tabela 3.2, równanie (5.3) itp.

W tekście należałoby się powołać na numery równań a nie używać określeń – następująca zależność lub poniższe równanie.

W tabelach powinno się zamieścić jednostki zmiennych (jak w tabeli 10 i 11) a nie podawać je w tekście np. w tabeli 2 – zmienne Energia i Objętość, w tabeli 9 – parametry z 1 kolumny.

Dla rysunków i tabel zamieszczonych w rozprawie nie ma odnośników do materiałów źródłowych. Można przypuszczać, że są to materiały własne (forma dopuszczalna) ale można to było wyjaśnić w tekście. Moim zdaniem np. Rys. 1, Rys. 2, Tabela 9, Tabela 10 zostały opracowane wg. materiałów zaczerpniętych z innych źródeł.

Autorka w pracy stosuje zamiennie określenia: parametru albo wartości parametru np. str. 14 – 2 akapit: wartość zużycia energii przez napęd przENOŚNIKA a powinno być wartość zużycia energii przez wartość napędu przENOŚNIKA. Zalecane jest stosować wersję „wartość parametru” np. wartość parametru uległa zmniejszeniu lub wzrosła a nie parametr się zwiększył.

Przy składaniu tekstu należy unikać tzw. „bękartów” czyli pojedynczych słów na końcu akapitu np. str. 6, str. 9, str. 10, str. 13 itp. oraz pojedynczych liter na końcu linii tzw. „sierotek” np. str. 41¹⁰ i podpis rys. 26. Należy także unikać zostawiania akapitów składających się z pojedynczego, krótkiego, jednolinijkowego zdania np. str. 12, str. 55.

Interpunkcje w tekście są wielokrotnie błędnie użyte lub jest ich brak np. str. 6 - 4 wiersz od góry – brak przecinka czy str. 8 - 7 wiersz od dołu – błędne umieszczenie przecinka.

Niektóre rysunki powinny być powiększone lub wyretuszowane w celu poprawy ich jakości. Dotyczy to rys. 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 24, 27, 28, 35, 36, 38, 45.

W rozdziale 3 Doktorantka przedstawiła tylko cel główny i zadania szczegółowe dla zrealizowania pracy. Pominęła tezę rozprawy. Jest to dopuszczalne, ale można było rozdział uzupełnić krótkim komentarzem, wyjaśniającym taki stan rzeczy.

W rozdziale 4 wskazane byłoby zamieszczenie schematu analizowanego ciągu transportowego przENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH, tak jak np., w rozdziale 5.

Mam też dwa pytania związane z rozprawą. Dlaczego nie zastosowano do prognozowania efektywności energetycznej przENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH z kopalni odkrywkowej symulacji Monte Carlo? Jakie były przeszkody lub utrudnienia?

Co było powodem nie wykorzystania zbioru danych rzeczywistych z badań przENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH z kopalni odkrywkowej do walidacji i weryfikacji wyników uzyskanych z metody Monte Carlo, jaką przeprowadzono w rozdziale 6.3?

3.2. Uwagi szczegółowe

W tym rozdziale zamieszczono kilka uwag szczegółowych do tekstu dotyczących.

- Str. 5₃ – numery te powinny być przypisane konkretnym tematom celów np. 7 – czysta i dostępna energia,
- Str. 17⁶ – zaznaczono wartość średnią linią kreskową na rysunku 3 – gdzie ta linia na rysunkach?
- Str. 18¹⁶ – zamiast „zależność” lepiej użyć określenia „wykres przedstawiający zmianę wartości zależności – brak opisu zależności jakich zmiennych,
- Str. 21 – tabela 4 – powinno się opisać zastosowane miary R^2 , MAE i MAPE

- Str. 22¹³ – powinno być prawostronnością; rysunek 8, brak opisu oraz jednostek na osiach rzędnych; ostatnie zdanie mało zrozumiałe, należy je zmienić,
- Str. 25 – rysunek 11a, brak opisu oraz jednostek na osi rzędnych,
- Str. 26 – pierwsze zdanie powinno być zmienione, korzystniej jest użyć określenia „Na podstawie wyników badań statystycznych oraz przebiegu wykresu na rysunku 12”, podpis rysunki 12 – powinno być np. Przebieg wartości zależności ...
- Str. 24¹⁵ – proponuję wymienić te grupy – 0, 1 i 2, rysunek 13 – oś rzędnych – wartość czego? Dodać indeksu Silhouette,
- Str. 29. - tytuł Tabeli 7 – zamiast liczby przerośników powinno być raczej liczby występowania poszczególnych przerośników w poszczególnych grupach,
- Str. 30₁₇ – zamiast konstrukcyjnych powinno być raczej eksploatacyjnych, kąt nachylenia nie jest parametrem konstrukcyjnym,
- Str. 32 – rysunek 19 - badane przerośniki powinny być zaznaczone bardziej kontrastowo względem reszty rysunku,
- Str. 37 – zamiast dwóch rysunków wystarczyłby jeden nr 22, zawiera w sobie rys. 21; ostatnie zdanie mało zrozumiałe, jak transportowana masa może wyjaśniać 56,64% zmienności,
- Str. 38¹³ – zamiast „pozbawione sensu” użyłbym innego określenia,
- Str. 44⁹ – powinno być „Podstawową zasadę”,
- Str. 46 – należałoby podać przed wzorem (7) oznaczenie funkcji rozkładu prawdopodobieństwa,
- Str. 60 – Rys. 37 – należałoby opisać parametry K1 – K4 i L1 – L4,
- Str. 66 – pierwsze zdanie mało zrozumiałe, należy je zmienić – obserwacje raczej nie pracowały z etykietami,
- Str. 66 – wniosek 2 – zamiast wielkość powinno być wartość.

4. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej stoi na dobrym poziomie naukowym i zawiera wiele cennych informacji o charakterze poznawczym i użytkowym. Doktorantka wykazała się w niej samodzielnym prowadzeniem procesu badawczego. Rozprawa w pełni wpisuje się w dyscyplinę „Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka”. Większość uwag, które przedstawiłem w recenzji nie obniżają wartości pracy, mają bowiem charakter dyskusyjny bądź redakcyjny. Doktorantka wykazała się dobrą znajomością literatury przedmiotowej i dokonała jej wnikliwej analizy. Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone zgodnie z opracowaną metodologią a ich wyniki zostały poddane szczegółowej analizie. Pozwoliło to na opracowanie oryginalnej, autorskiej metody klasyfikacji w aspekcie efektywności energetycznej przerośników taśmowych podczas ich pracy z obciążeniem, która może zostać zaimplementowana w zakładach przemysłu wydobywczego. Doktorantka sformułowała także wnioski i wytyczne do dalszych prac nad możliwością jej zastosowania w przypadku pracy przerośników na biegu luzem. Postawiony przez doktorantkę cel główny oraz zadania szczegółowe zostały w pracy w pełni zrealizowane.

Powyżej wymienione zalety recenzowanej pracy upoważniają mnie do stwierdzenia, że rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Suchorab-Matuszewskiej pt.: „Klasyfikacja efektywności energetycznej przerośników taśmowych” może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplina – inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka i spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. 2022.574, z późniejszymi zmianami) i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

