

Prof. dr hab. inż. Stanisław Szwaja
Katedra Maszyn Ciepłych,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki,
Politechnika Częstochowska
Tel. +48 34 32050524, +48 885-840-483
e-mail: stanislaw.szwaja@pcz.pl
web: <http://imc.pcz.pl/en/users/sszwaja>

05/06/2023

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Moniki Magdziak-Tokłowicz p.t. „*Metoda oceny zużycia paliwa maszyn górniczych*”

1. Podstawa recenzji

Podstawą do opracowania recenzji było pismo W10/D/42/2023 z dnia 08.05.2023r. sygnowane przez prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego - Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna na Politechnice Wrocławskiej, w którym zwraca się z prośbą o wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Moniki Magdziak-Tokłowicz pt. *Metoda oceny zużycia paliwa maszyn górniczych*.

2. Uwagi ogólne

Praca została napisana pod kierunkiem dr. hab. inż. Zbigniewa J. Sroki, prof. uczelni, sprawującego funkcję promotora w postępowaniu doktorskim.

Praca dotyczy zagadnień istotnych z punktu widzenia badań przemysłowych i prac rozwojowych w zakresie oceny efektywności pracy i jej organizowania na wybranym stanowisku, gdzie pracę wykonuje zespół maszyna-człowiek. Do przeprowadzenia wiarygodnej oceny opracowano wieloparametrową funkcję celu, której wartością było zużycie paliwa przez maszynę pracującą na danym stanowisku. Aby osiągnąć zamierzone cele, Doktorantka opracowała własny model zużycia paliwa zawierający podmodele opisujące otoczenie stanowiska pracy, charakterystykę maszyny oraz umiejętności i predyspozycje operatora. Do analizy i walidacji modelu oraz sformułowania wniosków końcowych wykorzystano szereg narzędzi analizy statystycznej służących do obróbki zbioru rzeczywistych danych wejściowych rejestrowanych za pomocą specjalistycznego oprogramowania na danym stanowisku pracy.

Pracę napisano na łącznie 157 stronach, na których występuje streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz rysunków i tabel, szczegółowy wykaz oznaczeń,

9 rozdziałów o charakterze merytorycznym oraz wykaz literatury. Rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Magdziak-Tokłowicz w swojej strukturze zawiera wszystkie niezbędne elementy począwszy od wstępu poprzez przegląd literatury, opis rzeczywistego obiektu badań, opis modelu zużycia paliwa dla tego obiektu, metodykę przeprowadzonych badań oraz wyniki i wnioski. Dzięki tak przygotowanej strukturze pracy można było pozytywnie ocenić proces formułowania istoty postawionego do rozwiązania problemu, celu i zakresu pracy oraz wnioskowania.

Układ pracy należy uznać za sporządzony poprawnie.

3. Ocena merytoryczna pracy

Ocenie merytorycznej poddano autorski wkład Doktorantki do pracy przedstawionej do oceny. Pani mgr inż. Monika Magdziak-Tokłowicz na wstępie poddała pod dyskusję argumentację wielu instytucji światowych oraz zatwierdzonych aktów prawnych mających na celu ochronę klimatu i środowiska w skali globalnej, co przedkłada się na drastyczne ograniczenia w emisji do atmosfery gazów cieplarnianych, w tym niezbilansowanego dwutlenku węgla ze spalania paliw kopalnych. W wyniku przeglądu literatury oraz szeregu danych statystycznych pani Doktorantka uznała, że ciężkie maszyny robocze nie będą mogły być wyposażane w zespoły napędowo-robocze z forsowanymi obecnie nowatorskimi rozwiązaniami ekologicznymi typu silnik elektryczny i bateria. Stąd, Doktorantka słusznie założyła, że obecnie pierwszoplanowym wyzwaniem jest opracowanie metody, która będzie skutecznie ograniczać zużycie paliwa przez ciężkie maszyny robocze zmniejszając tym samym ich udział w globalnej emisji CO₂ do atmosfery. Podstawą do opracowania metody jest model zużycia paliwa opisany szczegółowo w postaci podmodeli w rozdziale trzecim. W rozdziale czwartym zaproponowane podmodele zostały poddane weryfikacji w oparciu o duży zbiór danych eksperymentalnych. Natomiast w rozdziale piątym Kandydatka dokonała syntezy podmodeli, przedstawiając końcową postać na zużycie paliwa wyrażoną zależnością ujmującą prędkość obrotową, moment napędowy silnika w maszynie roboczej oraz udźwig materiału przez tę maszynę. Następnie Doktorantka w rozdziale szóstym podjęła próbę wykorzystania sieci neuronowych do oceny przewidywania jednostkowego zużycia paliwa przez silnik danej maszyny roboczej. W tym celu za pomocą programu komercyjnego przeprowadziła analizę pracy wybranej sieci i potwierdziła przydatność takiego podejścia do predykcji jednostkowego zużycia paliwa. W rozdziale siódmym pani mgr inż. Monika Magdziak-Tokłowicz zaproponowała autorski wskaźnik służący do oceny efektywności pracy operatora maszyny. Następnie przedstawiła scenariusz prognozy oszczędności finansowych w przedsiębiorstwie wdrażającym zaproponowane przez nią rozwiązania. Rozdział ósmy zawiera analizę błędów, a rozdział dziewiąty kończy merytoryczną część pracy opisując końcowe wnioski i spostrzeżenia.

Podsumowując, należy stwierdzić, że Doktorantka starannie podeszła do zagadnienia i opracowała je na poziomie adekwatnym rozprawie doktorskiej.

4. Uwagi krytyczne i sugestie

Pomimo ogólnie pozytywnego odbioru pracy zauważono szereg niedociągnięć, nieprecyzyjnych sformułowań i niepełnej informacji o charakterze merytorycznym a także przedstawiono własne sugestie odnośnie wybranych zagadnień jak następuje:

- a) strona 24: 5 linia od góry: sformułowanie (cyt.) „zamiany energii cieplnej zawartej w paliwie na użyteczną energię mechaniczną. Jest to więc „stosunek ilości ciepła użytecznego Q_e do ilości ciepła Q_d doprowadzonego do czynnika w rzeczywistym obiegu pracy” jest bardzo niefortunne. Moim zdaniem ciepło (lub energia cieplna) w silniku tłokowym zamienia się na pracę mechaniczną a ciepło użyteczne to właśnie ta praca w obiegu termodynamicznym a nie w obiegu pracy.
- b) Czy nie prościej byłoby na samym początku pracy zaproponować znacznie prostszy model wiążący bezpośrednio rzeczywiste dane eksploatacyjne silnika z programu monitorującego (prędkość obrotowa, moment napędowy i godzinowe zużycie paliwa) z efektywnością pracy wynikającą z masy urobku i czasu pracy pracownika. Następnie odnieść to do charakterystyki uniwersalnej silnika, wskazując obszary efektywnej i nieefektywnej eksploatacji maszyny. Częściowo zrobiono to pod koniec pracy i wówczas okazało się, że model zużycia paliwa oparty jest praktycznie o podmodel stylu jazdy MC_j w modelu człowieka (MC).
- c) Na potrzeby analizy zużycia paliwa można było zdefiniować i wprowadzić jako zmienne niezależne te parametry pracy, które zależą wyłącznie od operatora maszyny tj. przełożenie skrzynki biegów i położenie pedału przyspieszenia w funkcji czasu i znajdować powiązanie analityczne z parametrami eksploatacyjnymi pracy silnika tj. jego momentem napędowym i prędkością obrotową. Na podstawie takich danych i spostrzeżeń z nich wynikających można by pokusić się o przeprowadzenie szkolenia dla operatorów danej maszyny roboczej w zakresie oszczędnego eksploataowania tejże maszyny.
- d) Strona 31, równanie 9 – wątpliwość budzi działanie sumowania ze sobą dwóch różnych wielkości fizycznych: temperatury i prędkości.
- e) Wątpliwym jest podejście do analizowania szeregu wielkości (np. temperatura otoczenia) uznając je wstępnie za wielkości podporządkowane rozkładowi normalnemu. Zazwyczaj rozkład normalny stosuje się do opisu statystycznego zmiennej charakteryzującej się wartością oczekiwaną o niezmienniej wartości. Przydałaby się tutaj analiza wariancji ANOVA (którą wykorzystano jedynie do oceny hipotezy H1 na stronach 68-71). Ponadto test Shapiro-Wilka chyba jest wystarczającym testem do oceny zgodności danej zmiennej losowej i jej dystrybuanty z rozkładem normalnym. Zatem nie było powodu wykonywać kolejnych testów.
- f) Proponuje się, aby efektywność pracy (równanie 11) była zdefiniowana jako iloraz masy urobku do całkowitego zużycia paliwa w skali pojedynczego pracownika podczas jednej zmiany a nie w odniesieniu do jednostkowego zużycia paliwa. Taki wskaźnik lepiej pokazywałby efektywność zespołu operator-maszyna przedstawiając ilość urobku na 1 dm³ zużytego paliwa co przedkładałoby się na ocenę jego umiejętności w zakresie efektywnego czyli

oszczędnego gospodarowania zużyciem paliwa przez maszynę przy tym samym efekcie końcowym dotyczącym urobku. Natomiast w wariantcie zaproponowanym przez Doktorantkę mianownik jest praktycznie stały i efektywność e zależy od urobku.

- g) Co właściwie przedstawia kod na stronach 121-122?
- h) Strona 64, wniosek (cyt.) „... czyli im starsza maszyna, tym mniejsza suma zużycia paliwa w roku, co wynika z faktu rzadszego używania maszyn starszych.” jest nieuzasadniony przez czynniki techniczno-eksploatacyjne a zależy wyłącznie od strategii zarządcy pojazdami, który prawdopodobnie uznał, że praca maszyny starszej obciążona jest większym ryzykiem awarii, jednakże strategia ta może ulec zmianie z dnia na dzień. Podobnie rys. 32, gdzie przebieg wykresu zależy od przestoju maszyny. Na osi pionowej powinno być jednostkowe zużycie paliwa.
- i) Tablice 20, 21 – przydałoby się podać wzór na kurtozę i poddać pod dyskusję relatywnie wysoką i odbiegającą od pozostałych kurtozę dla przypadków 11, 12, 13, 33 i 34.
- j) Rys. 47 – czy charakterystyka ogólna silnika została samodzielnie opracowana, czy została udostępniona – należy podać źródło.
- k) Pojęcie częstotliwość używane w technicznych opracowaniach naukowych ma swoją jednoznaczną definicję i jej jednostką jest herc (Hz) i nie powinno się używać tego wyrazu do opisu innych wielkości lub działań, szczególnie tam gdzie badana wielkość/parametr wyraża się w procentach. Przykładowo podano nieprawidłowe użycie wyrazu częstotliwość w tekście:
„...z częstotliwością co 1 sekunda...”
„...częstotliwość wystąpień...”
„... względne częstotliwości wystąpień...”
„... inną proporcję częstotliwości pracy...”
Zamiast „częstotliwość wystąpień” można było użyć sformułowania liczba zdarzeń.
- l) Wniosek (cyt.) „... zużycie g_e zależy od obecności masy na ...” jest wnioskiem oczywistym, bo masa udźwigu wpływa na zmianę obciążenia silnika. Prosi się o wyjaśnienie w jakim stopniu i w którą stronę zmienia się g_e przy dodatkowym obciążeniu silnika przez masę udźwigu.
- m) Brak informacji, na jakiej podstawie wyznaczono współczynniki do równania (10).
- n) Odnośnie sieci neuronowej, brak informacji w jaki sposób dobierano wartości progowe dla funkcji aktywacji i w jaki sposób dobierano wagi dla badanych wielkości wejściowych.
- o) wszystkie silniki spalinowe posiadają filtry powietrza. Czy w związku z tym czynnik MO występujący pod nazwą „zapylenie” ma wpływ na zużycie paliwa?
- p) Czy można obliczać wartość średnią, jeśli odchylenie standardowe jest co do wartości porównywalne z wartością średnią np. wartość średnia prędkości obrotowej silnika (Tab. 43).

Pozostałe uwagi:

- q) Tablice 25 i 26 – wartości nie sumują się do 100%.
- r) Tablica 27 i rysunek 56 przedstawiają to samo. Czy to było konieczne?
- s) Rysunki 57 i 58 – złe opisy osi pionowych lub złe podpisy pod rysunkami.
- t) Szereg wydrukowanych liczb pozbawionych jest 0 przed przecinkiem dziesiętnym.
- u) Wykres na rys. 71 nie przedstawia sinusoidy jak to podano w tekście.
- v) Rys. 42-45, brak informacji, co oznacza opis osi pionowej przedstawiony jako „Liczba obs.”.
- w) Strona 74 – prawdopodobnie powinien być kwartyl Q3 nie Q2.
- x) Rys. 28, 29, 30 itd. powinno być przebieg maszyny nie wiek.
- y) Rys. 38, 39 brak na wykresach danych dla operatorów 13 i 34.
- z) Tablica 22 – zła jednostka dla g_e .
- aa) Strona 129: wskazane byłoby podać zależności pokazujące jak policzyć (cyt.) „... wyznaczono błąd standardowy dla odchylenia standardowego SD , ...”.

Uznano, że szereg niedociągnięć powstało w wyniku niezamierzonego działania a częstokroć zbyt ambitnego podejścia do tematu w miejscu, gdzie nie było to szczególnie wymagane. Doktorantka nie musi ustosunkowywać się do tych uwag, chyba, że jest odmiennego zdania. Natomiast, rekomenduje się, aby Doktorantka ustosunkowała się do uwag merytorycznych.

Mocne strony pracy

Do mocnych stron pracy należy zaliczyć:

- a) szczegółowy opis analityczny modelu zużycia paliwa uwzględniający praktycznie wszystkie czynniki mogące w jakikolwiek sposób wpływać na to zużycie w środowisku, w którym znajdowało się stanowisko pracy.
- b) umiejętność wykorzystania narzędzi analizy statystycznej do badania monotoniczności we wzajemnych zależnościach pomiędzy wybranymi do tej analizy wielkościami,
- c) analizę i interpretację wyników z analizy statystycznych,
- d) opracowanie wniosków końcowych z uwzględnieniem specyficznych uwarunkowań dla badanego zespołu maszyna-człowiek.

5. Wniosek końcowy

Wskazane w recenzji krytyczne uwagi szczegółowe nie zmieniają mojej oceny, która jest dla całości pracy oceną pozytywną. Recenzowana praca doktorska mgr inż. Moniki Magdziak-Tokłowicz jest samodzielnym, oryginalnym dziełem w zakresie analizy efektywności pracy oraz zużycia energii przez zespół maszyna-człowiek. Przedstawiona

rozprawa w tym jak również opracowane wnioski mogą posłużyć do analizy i usprawnienia organizacji pracy zespołu maszyna-człowiek.

Doktorantka wykazała się umiejętnościami w zakresie sformułowania problemu, potrafiła prawidłowo dobrać metodykę badawczą i przeprowadzić analizę danych eksperymentalnych oraz zinterpretować otrzymane wyniki i wyciągnąć wnioski. Moim zdaniem Doktorantka posiada umiejętności do samodzielnego prowadzenia eksperymentu naukowego jak również wnioskowania analitycznego i empirycznego, w tym do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Magdziak-Tokłowicz w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (aktualnie inżynieria mechaniczna), spełnia warunki zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki wraz z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z póź. zm.).

Niniejszym wnoszę o dopuszczenie tej rozprawy pod publiczną dyskusję.

Stanisław Szwyj