

prof. dr hab. inż. Józef Matuszek, dr h.c.
Katedra Inżynierii Produkcji
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Uniwersytet Bielsko-Bialski
ul. Willowa 2
43-309 Bielsko-Biała
tel. [048] (033) 8279253
e-mail: jmatuszek@ubb.edu.pl

Recenzja
rozprawy doktorskiej
mgr inż. Piotra Kiljana
p.t.

Metoda określania systemu identyfikacji węgiel-skała

Promotor pracy: dr hab. inż. Krzysztof Kalinowski, prof. PŚ

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ: Mechaniczny Technologiczny
DYSCYPLINA NAUKOWA: Inżynieria mechaniczna

Recenzję opracowano na podstawie zlecenia Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Mechanicznej Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak, L. Dz. RD5Me.512.4.2024 z dnia 10.07.2024r.

1. Formalna prezentacja rozprawy, uwagi ogólne

Przedstawiona do recenzji praca składa się z pięciu części. Pierwsza część, (rozdziały 1, 2, 3), związana jest z wprowadzeniem do tematyki pracy, na którą składają się wykaz umownych oznaczeń, spis rysunków i tablic, uzasadnienie tematu pracy, jej cel oraz opis charakterystycznych cech pokładów węgla. Część druga, (rozdziały 4, 5, 6, 7), zawiera w kolejnych czterech rozdziałach analizę literatury stanowiącą podstawę przeprowadzonych badań własnych. W rozdziałach tych przedstawiono podział metod analizy sygnałów, przegląd metod rozpoznawania granicy pokładów węgla i skały, opis wybranych metod klasyfikacji oraz metod normalizacji danych. Badania własne zawarte są w części trzeciej pracy, (w dwu rozdziałach 8, 9), na które składają się - opis metody badawczej oraz analiza statystyczna wyników badań. Część czwarta (rozdział 10), to wnioski i uwagi. Ostatnia piąta część to bibliografia, streszczenia pracy i załączniki zawierające opracowane bazy danych z przeprowadzonych badań.

Całość dysertacji została zredagowana na 116 stronach tekstu. Układ pracy, sposób ujęcia tematu w poszczególnych częściach pracy można uznać za poprawny.

Tematyka pracy jest poświęcona zagadnieniom analizy pracy kombajnu ścianowego na ścianie wydobywczej kopalni węgla kamiennego. Analizę pracy kombajnu w ramach systemu ścianowego przeprowadzono na podstawie rozpoznawania różnic zarejestrowanego dźwięku w czasie urabiania węgla i skały.

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 30.08.2024
RD5Me 1/144/511/2024
nr zał.

Procesy analizy pracy kombajnów ścianowych, z punktu widzenia wydajności i kosztów, mają duże znaczenie w procesach automatyzacji urabiania węgla na ścianie.

Recenzowana dysertacja pokazuje perspektywy zastosowania przedstawionych w pracy metod również w innych branżach wydobywczych. Wybór kopalni węgla kamiennego jest przykładem oceny możliwości doskonalenia procesów produkcyjnych z wykorzystaniem analizy akustycznej dźwięków. Przedstawione w pracy wyniki badań są ważne z punktu widzenia racjonalizacji procesów produkcyjnych, co jest jednym z najbardziej istotnych elementów procesów zarządzania produkcją.

2. Ocena zamierzenia badawczego

Przedstawiona w pracy tematyka nawiązuje do ważnych w praktyce produkcyjnej zagadnień monitorowania pracy maszyn w celu zapewnienia skutecznego i efektywnego zarządzania procesów produkcyjnych. W ostatnich latach w przemyśle znacząco wzrosło znaczenie niezawodności pracy stanowisk roboczych.

Głównym celem rozprawy było opracowanie metody określania rodzaju obrabianego materiału (węgla lub skały) na podstawie rejestrowanego dźwięku w czasie pracy kombajnu na ścianie wydobywczej kopalni węgla kamiennego. Badania własne w ramach opracowanego systemu identyfikacji przeprowadzono w 4 etapach; od doboru aparatury, przez określenie cech charakterystycznych rejestrowanego dźwięku, klasyfikację rozpoznawanych dźwięków po analizę statystyczną otrzymanych wyników badań.

Opracowane w ramach pracy analizy dźwięku i zaproponowany tok postępowania mogą przyczynić się do podniesienia skuteczności pracy wybranych stanowisk roboczych, a tym samym funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych. Stąd próbę podjęcia opracowania uważam za trafną, wychodzącą naprzeciw zapotrzebowaniu praktyki produkcyjnej.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Uwagi ogólne

Merytorycznie pracę oceniam pozytywnie. Przeprowadzone w ramach pracy badania związane z procesem kształtowania procesów urabiania węgla kombajnem na ścianie wydobywczej kopalni węgla kamiennego. Badania cech rejestrowanego dźwięku przeprowadzono w rzeczywistych warunkach pracy urzędzenia. Praca ma charakter użytkowy, wyniki badań mogą być wykorzystane w praktyce produkcyjnej.

Uzyskane wyniki badań, dokonane analizy związane z kształtowaniem przebiegu pracy kombajnu wychodzą naprzeciw zapotrzebowaniu przemysłu wydobywczego i mogą przynieść wymierne korzyści w praktyce produkcyjnej. Przedstawione w ramach pracy analizy mogą znaleźć zastosowanie po odpowiednim dostosowaniu do warunków pracy w procesach projektowania i kształtowaniu innych realizowanych procesów produkcyjnych np. również w branży przemysłu maszynowego.

Pozytywnie oceniam kompleksowość badań przeprowadzonych w pracy. Na pozytywną ocenę zasługuje tok przeprowadzenia badań własnych. Najpierw przeprowadzono analizę możliwości wykorzystania odpowiedniej aparatury do badań, kolejno dobrano aparaturę, określono cechy charakterystyczne rejestrowanego dźwięku, dokonano klasyfikację rozpoznawanych dźwięków i wykonano analizę statystyczną otrzymanych wyników badań.

Niemniej w pewnych fragmentach tekstu chciałbym przedstawić poprawne elementy opracowania oraz pewne nieścisłości, których część ma charakter dyskusyjny, podano je w postaci uwag, które zestawiono w grupy odnoszące się do poszczególnych części dysertacji.

Rozdziały związane z częścią pierwszą dysertacji (rozdziały 1, 2, 3)

Doktorant w rozdziale pierwszym trafnie zdiagnozował potrzebę doskonalenia procesów produkcyjnych w przemyśle wydobywczym węgla kamiennego. Poprawnie przedstawił potrzebę doskonalenia procesów urabiania węgla biorąc pod uwagę pojawiające się współcześnie metody automatyzacji procesów produkcji w myśl filozofii "przemysłu 4.0". W sposób zasadny doktorant określił w tym rozdziale problem naukowy zagadnienia polegającego na poszukiwaniu i ustaleniu różnic w parametrach pracy kompleksu ścianowego w trakcie urabiania ściany węgla. W rozdziale drugim w sposób jasny sformułowano cel pracy. W rozdziale trzecim przedstawiono charakterystyczne cechy pokładów węgla. Tekst ten, mimo że ma charakter podręcznikowy, jest wstępem do tematyki badawczej pracy przydatnym dla czytelników nie związanych z przemysłem wydobywczym.

Za dyskusyjne w tej partii materiału uważam jednak:

- W rozdziale drugim o tytule „Cel i zakres pracy” przedstawiono cel pracy, natomiast nie podano zakresu pracy. Przedstawiony cel pracy polega na opracowaniu metody określania rodzaju urabianego materiału (węgla lub skały) na podstawie rejestrowanego dźwięku. Brak pogłębionego uzasadnienia badań stanu pracy kombajnu na podstawie analizy sygnałów dźwiękowych. Zamieszczenie takiego uzasadnienia tłumaczyłoby zasadność zamieszczenia w dysertacji tekstów w rozdziałach czwartym, piątym, szóstym i siódmym.
- Brak szerszego precyzyjnego określenia zakresu i warunków pracy systemu ścianowego np. rodzaju i parametrów pokładu węgla (np. uskoki, niejednorodność pokładu), pracy taśmociągów, wentylacji, sposobu eksploatacji wyrobiska np. na zawał itp. Zagadnienia te można było przedstawić w kontekście opisu sposobu urabiania pokładów węgla przez kompleks ścianowy podany w rozdziale pierwszym.

Część druga dysertacji, związana z analizą literatury (rozdziały 4, 5, 6, 7)

Tą część pracy można związać z analizą literatury z zakresu tematu. Rozdziały te stanowią podstawę przeprowadzonych w dalszych rozdziałach badań własnych przez doktoranta.

W rozdziale czwartym w sposób poprawny przedstawiono teoretyczne podstawy analizy sygnałów (analiza oparta na STFT, przekształceniu falkowym), które wykorzystano do analizy dźwięku urabiania węgla i skały.

W rozdziale piątym, po przedstawieniu zagadnień teoretycznych analizy sygnałów (przetwarzanie do postaci cyfrowej, ekstrakcji cech, klasyfikacji wg sztucznych sieci neuronowych), dokonano przeglądu stosowanych metod rozpoznawania granicy warstw węgla i skały. Opisano metodę wizyjną, wykorzystującą georadar, występowanie naturalnego promieniowania gamma, wibrację, metodę akustyczną, wykorzystującą laserową spektroskopię emisyjną. Przeglądu dokonano na podstawie dostępnej literatury, badań przeprowadzonych w praktyce produkcyjnej. Na uwagę zasługuje próba kompleksowego, wyczerpującego sposobu ujęcia zagadnienia. Pozytywnie oceniam przedstawienie podstaw teoretycznych klasyfikacji sygnałów (rozdział szósty), normalizacji danych (rozdział siódmy).

Rozdziały te nie wyczerpują opisywanych w literaturze metod, jednak z punktu widzenia zakresu prowadzonych badań są poprawne.

Za dyskusyjne w tej partii materiału uważam:

- Ta część pracy byłaby czytelniejsza gdyby zamieniono kolejność rozdziałów. Najpierw zamieszczono rozdział piąty opisujący stosowane dotychczas metody rozpoznawania granicy warstw węgla i skały, a po nim zgodnie z wcześniej podanym w tytule rozdziału drugiego zakresem pracy, którego tam nie umieszczono, rozdział czwarty i kolejne rozdziały (rozdział szósty i siódmy) związane z analizą literatury i tematyką pracy.
- W wstępie do rozdziału czwartego podano definicję sygnału, dokonano podziału sygnałów ze względu na ich cechy. Nie przedstawiono natomiast pojęcia sygnału nieparametrycznego, które to pojęcie zamieszczono w tytule rozdziału i przydatności tego rodzaju sygnału do badań stanu pracy systemu ścianowego.
- W rozdziale piątym przedstawiono metody rozpoznawania granicy warstw węgla i skały. Metoda akustyczna została skąpo opisana (tylko 10 wierszy). Brak podsumowania ww. metod i co wcześniej podano brak uzasadnienia wyboru metody akustycznej (analizy dźwięku) w badaniach własnych. Brak pogłębionej dyskusji wykorzystania w badaniach własnych innych parametrów pracy systemu ścianowego np. zmian poboru energii elektrycznej, jednostkowej wagi urobku, itp.

Część trzecia badania własne (rozdziały 8, 9, 10)

Rozdział ósmy stanowi opis zastosowanej w dysertacji cztero-etapowej (dziewięć podetapów) metody badawczej. Metoda nosi cechy oryginalności, autorskiego opracowania doktoranta. Pozytywnie oceniam budowę własnego stanowiska badawczego (dobór aparatury pomiarowej – rejestratorów dźwięku, sposób rejestracji dźwięku – lokalizację mikrofonu w wyrobisku ścianowym, tok prowadzonych badań, sposób określenia okna rejestracji dźwięku, zakresu przedziału częstotliwościowego badań).

Pozytywnie należy również ocenić dobór parametrów i analizę próbek - STFT w programie Matlab-MathWorks. Oceniam pozytywnie również dokonane różne klasyfikacje otrzymanych wyników badań.

Pozytywnie oceniam również analizę statystyczną dźwięków wynikających z pracy kombajnu górniczego (rozdział dziewiąty). Dokonana analiza wg Chi-kwadrat wykazała, podobnie jak przeprowadzone klasyfikacje, że nie istnieje statystyczny istotny związek między analizowanymi zmiennymi, co wynika że przeprowadzone klasyfikacje rozróżniały badane próbki dźwięku.

Za dyskusyjne w tej partii materiału uważam jednak:

- Brak na początku rozdziału ósmego analizy czynnikowej obiektu badań. Przed zaproponowaniem przez autora 4 etapów (9 podetapów) autorskiej metody identyfikacji cech sygnału dźwiękowego, dla poprawy czytelności badań należałoby przeprowadzić analizę czynnikową obiektu badań czyli określić dla pracy kombajnu:
 - czynniki badane,
 - czynniki wynikowe,
 - czynniki stałe,
 - czynniki zakłócające.

Zwłaszcza te ostatnie czynniki mogą mieć wpływ na wyniki badań. Przykładem mogą tu być zakłócenia dźwięku wynikające ze stanu technicznego niektórych komponentów systemu ścianowego, stan łańcuchów, rynien przenośników, rodzaju pokładu węgla

(grubości urabianego pokładu, litotypy węgla, podane w tabeli 5 wartości wytrzymałości skał, stanu stępienia noży kombajnu, stanu zapylenia i jego wpływ na czujniki dźwięku, czas pracy czujników dźwięku, hałasu wynikającego z pracy taśmociągu odprowadzającego urobek, dźwięki wydawane przez strop pokładu np. przez zawał po urobionym pokładzie węgla itp.). W pracy część takich czynników zakłócających jest wymieniona w dysertacji w kilku miejscach.

- Brak uzasadnienia zastosowania, a zwłaszcza podsumowania w rozdziale ósmym zastosowanych różnych klasyfikacji uzyskanych wyników badań.

Część czwarta – podsumowanie, wnioski i przyszłe prace (rozdział 10)

W części tej przeprowadzono analizę otrzymanych wyników badań. Zamieszczone w rozdziale analizy można uznać za poprawne.

Za cenną należy uznać propozycję podjęcia dalszych badań nad zastosowaniem hybrydowych metod analizy pracy systemu ścianowego, łącząc kilka różnych metod pomiarów wybranych parametrów pracy.

W podrozdziale 8.1. przedstawiono miejsce i warunki urabiania węgla. Zachodzi pytanie jakie dla innych warunków pracy systemu ścianowego np. zmiany wytrzymałości skał na ściskanie, parametrów pokładów węgla otrzymamy wyniki badań.

Uważam, że otrzymane wyniki badań po odpowiednim dostosowaniu do warunków danego pokładu węgla mogą znaleźć zastosowanie w praktyce produkcyjnej. Pojawia się tu problem miejsca instalacji odbiorników dźwięku (mikrofonów). Sposób ustawienia mikrofonów w czasie prowadzonych badań własnych można uznać za poprawny. W rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych będzie zapewne kłopotliwy i powinien ulec zmianie.

Za dyskusyjne w tej partii materiału uważam jednak że:

- Przedstawienie toku postępowania w badaniach własnych byłoby pełniejsze gdyby na końcu pracy w podsumowaniu podano w jasny sposób cechy określające nowość i oryginalność opisywanej metody w stosunku do wcześniej opisywanych sposobów postępowania w procedurach związanych z oceną możliwości racjonalizacji procesów urabiania ścian.
- Można by było w sformułowanych wnioskach wspomnieć o uniwersalnym charakterze przedstawionego sposobu postępowania, np. możliwości jego dostosowania do innych branż przemysłowych.
- Brak, w końcowej części pracy, podziału sformułowanych i wysuniętych wniosków na wnioski o charakterze:
 - poznawczym (wykazujących zrealizowanie postawionych celów pracy, podkreślające oryginalność zaproponowanych rozwiązań),
 - użytkowym (wykazujących praktyczną przydatność prezentowanego opracowania, obszary potencjalnych zastosowań),
 - dalszych badań (podających perspektywy rozwoju zaproponowanych rozwiązań).

4. Literatura

Zestaw źródeł literaturowych uważam za poprawny. Zwykle w opracowaniach naukowych pozycje literaturowe w postaci źródeł Internetowych podaje się na końcu zestawienia. W niektórych pozycjach Internetowych np. poz. 109, 110 nie ujęto nazwy instytucji firmującej źródła Internetowe.

5. Uwagi redakcyjne

W treści rozdziałów można znaleźć drobne nieścisłości czy błędy redakcyjne nie mające istotnego wpływu na merytoryczną ocenę pracy np.:

- str. 5 - w „Spisie oznaczeń i symboli” nie zamieszczono oznaczeń, wykaz obejmuje tylko akronimy,
- str. 6, 7, 8 - 83 – zwykle wykaz zamieszczonych rysunków i tabel zamieszcza się na końcu opracowania,
- str.13 – w rozdziale drugim „Cel i zakres pracy” nie podano zakresu pracy, przedstawiono natomiast cel pracy i etapy realizacji badań własnych,
- str. 17 – wzór (1) nie podano wyjaśnienia oznaczeń wzoru, podobna sytuacja powtarza się w kolejnych wzorach np. (20), (3), (4) itd., wyjaśnienia tych oznaczeń powinny się znaleźć w „Wykazie umownych oznaczeń i akronimów”,
- str. 27 – rys. 6, opisy na rysunkach powinny być czytelniejsze ze względu na małe litery,
- str.59 – na rys. 16 zostały określone cztery etapy realizowanych badań własnych, podczas gdy w tekście pracy w.6 od góry jest mowa o dziewięciu etapach z dopiskiem że przedstawiono je na rys.16,
- str.61, 62 – wytłumaczenie oznaczeń 1, 2, 3, 4 winno nastąpić pod opisem rysunku a nie na poprzedniej stronie (str. 61 wiersz, 1, 2, 3, 4 od dołu),
- str. 74 – rys. 26 brak oznaczeń kolorów i dalszych ryc. 27, 29, 30,
- str.77 – rysunek 29 jest nieczytelny (małe litery),
- str. 78 – brak nazwy rysunku – opis na następnej stronie,
- str. 79 i 80 na rys. 32 i 33 zamieszczono na osi rzędnych wykresów napisy w j. angielskim,
- str. 81 na rys. 34 jest „Średnia Amplituda” powinno być „Średnia amplituda”,
- str. 115, 116 – brak słów kluczowych w streszczeniach.

6. Wnioski końcowe

Oceniając przedstawioną pracę doktorską pragnę podkreślić następujące jej walory, do których można zaliczyć:

- zasadność podjętej tematyki badawczej,
- znajomość i umiejętność przedstawienia aktualnego stanu zagadnienia, umiejętność analizy i interpretacji wyników badań,
- praktyczne podejście do rozwiązania problemu,
- możliwość zastosowania rozwiązywanego zagadnienia, toku przeprowadzonej analizy, po odpowiedniej zmianie, dostosowanej do pracy i warunków organizacyjnych, umieszczenia odbiorników dźwięku w praktyce gospodarczej kopalń węgla kamiennego,
- przeprowadzone w ramach pracy analizy danych, wysunięte wnioski mogą stać się przyczynkiem do rozwoju metod zarządzania złożonymi procesami produkcji w innych branżach przemysłowych.

Pragnę podkreślić złożoność tematu, który ze względu na zakres pracy, wielość czynników zakłócających, musiał być ograniczony. Zwracam również uwagę na pracochłonność wykonania pracy, trudności w realizacji badań na przodku wyrobiska

kopalni w ruchu oraz znajomość problematyki badawczej przez doktoranta, która była podstawą wykonania dysertacji.

Powyższe czynniki skłaniają do stwierdzenia, że praca pomimo przedstawionych uwag spełnia w koniecznym stopniu wymagania stawiane pracy doktorskiej oraz że doktorant na podstawie przeprowadzonych badań wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w zakresie analizy procesów produkcyjnych oraz umiejętnościami samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Biorąc pod uwagę sformułowane wyżej opinie, stawiam wniosek o uznanie pracy jako spełniającej ustawowe wymagania stawiane rozprawie doktorskiej w zakresie nauk technicznych. Zgodnie z obecnie obowiązującym ustawodawstwem stawiam wniosek aby pracę doktorską zakwalifikować do dyscypliny „Inżynieria mechaniczna” oraz wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony pracy.

Bielsko-Biała, 27.08.2024.

