

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Damiana Bzinkowskiego
nt. **Ocena możliwości identyfikacji stanu taśmy przenośnika za pomocą tensometrycznego systemu pomiarowego**

Promotor: dr hab. inż. Mirosław Rucki, prof. URad

Recenzja została opracowana na podstawie pisma JM Rektora Uniwersytetu Radomskiego im. Kazimierza Pułaskiego, prof. dr hab. Sławomira Bukowskiego, nr PK-042/28/33-2/dr-r/2024 z dnia 05.06.2024r.

Istotność problematyki rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy analizy możliwości monitorowania pracy przenośników taśmowych w czasie rzeczywistym. Przenośniki te są jednym z podstawowych środków transportu bliskiego i występują powszechnie w wielu gałęziach przemysłu. Są to urządzenia pracujące w trybie ciągłym, które transportują zazwyczaj materiały ziarniste, sypkie bądź proszkowe. Posiadają one wiele niezaprzeczalnych zalet, w tym stosunkowo mało skomplikowaną konstrukcję i cechują się wysoką niezawodnością. Niestety, stan taśmy przenośników pod wpływem wielu czynników ulega z czasem degradacji, co może prowadzić do awarii i uszkodzeń, a także wypadków, często z udziałem ludzi. Doktorant zaproponował w rozprawie system tensometryczny, za pomocą którego można monitorować stan taśmy przenośnika i w ten sposób zapobiegać awariom przenośników taśmowych. Dlatego uważam, że podjęta przez Doktoranta tematyka jest bardzo istotna. Jestem także zdania, że tematyka rozprawy jest istotna nie tylko z inżynierskiego punktu widzenia. Proponowany przez Doktoranta system pomiarowy wydaje się interesujący także ze względu na jego potencjalny pozytywny wpływ na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa i higieny pracy, jako, że awarie przenośników taśmowych często są przyczyną wypadków, w których cierpią osoby znajdujące się w pobliżu tych urządzeń. Analizując zaproponowane przez Doktoranta rozwiązanie stwierdzam, że tematyka rozprawy całkowicie mieści się w obszarze dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Należy także podkreślić, że opisywany w rozprawie system służący do ciągłego sprawdzania poprawności działania przenośników taśmowych wpisuje się w jedno z podstawowych założeń koncepcji tzw. Przemysłu 4.0, którym jest monitorowanie obiektów i procesów w czasie rzeczywistym.

Omówienie rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pt. „Ocena możliwości identyfikacji stanu taśmy przenośnika za pomocą tensometrycznego systemu pomiarowego” zawiera 194

strony i obejmuje: stronę tytułową, stronę z mottem, stronę z podziękowaniami, spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis oznaczeń, sześć głównych rozdziałów oraz wykaz cytowanej literatury.

Rozdział pierwszy rozprawy to wprowadzenie, w którym opisane zostało uzasadnienie podjętego tematu pracy, koncepcja oraz zaplanowanie zadania badawcze, wynikiem realizacji których jest recenzowana rozprawa.

W rozdziale drugim Doktorant zawarł cel i tezę pracy. Celem naukowym recenzowanej rozprawy było „ustalenie zależności między stanem taśmy przenośnika w procesie transportu bliskiego a wskazaniami tensometrycznego systemu pomiarowego”. Z kolei, cel poznawczy i użyteczny pracy Doktorant sformułował jako „opracowanie i zbadanie możliwości innowacyjnego systemu monitorującego naciąg i uszkodzenia taśmy przenośnika w czasie rzeczywistym”. W rozdziale drugim zawarte zostały także tezy pracy: teza główna oraz trzy tezy pomocnicze. Główna teza naukowa rozprawy brzmi: „Taśma przenośnikowa w procesie transportu wywiera na bęben przenośnika zróżnicowane naciski zależne od obciążenia i uszkodzeń, których identyfikacja jest możliwa za pomocą tensometrycznego układu pomiarowego”. Tezy pomocnicze rozprawy brzmią:

- „Tensometryczny układ pomiarowy daje możliwość monitorowania w czasie rzeczywistym siłę nacisku taśmy na bęben”.

- „Tensometryczny układ pomiarowy pozwala na pozyskanie informacji o prawidłowej pracy przenośnika”.

- „Oddziaływanie taśmy obciążonej lub uszkodzonej na tensometryczny układ pomiarowy pozwala na identyfikację obciążenia oraz na wykrywanie uszkodzeń taśmy przenośnikowej.”

Uważam, że cel oraz tezy pracy zostały sformułowane w sposób odpowiedni. Cel pracy jest ambitny, a jego realizacja jest istotna z punktu widzenia rozwoju metod monitorowania stanu obiektów mechanicznych w czasie rzeczywistym.

W rozdziale drugim zawarto również plan i zakres prac prowadzących do realizacji celu pracy.

Rozdział trzeci pracy zawiera analizę literatury. Analizowana przez Doktoranta literatura oraz dokumenty normalizacyjne dotyczyły:

- klasyfikacji i budowy przenośników,
- charakterystyki taśm przenośnikowych,
- eksploatacji taśm przenośnikowych,
- systemów do monitorowania pracy taśm przenośnikowych.

Rozdział trzeci rozprawy zakończony jest podsumowaniem, w którym podano uzasadnienie przeprowadzenia badań opisanych w recenzowanej rozprawie. Analiza literatury została przeprowadzona w sposób rzetelny i stanowi dobre wprowadzenie do eksperymentalnej części pracy.

W rozdziale czwartym pracy przedstawione zostały przedmiot i metodyka badań przeprowadzonych przez Doktoranta. W rozdziale tym podano charakterystykę badanej taśmy, opisano plan eksperymentu oraz budowę użytego układu pomiarowego, jak również zawarto opis stanowiska do kalibracji oraz stanowiska do badań dynamicznych. Wszystkie stanowiska badawcze zostały opisane w sposób dokładny i czytelny. Nie mam także zastrzeżeń do zaproponowanego planu badań. Zakres tych badań był bardzo obszerny. Przeprowadzono eksperymenty zarówno przy obciążeniach statycznych, jak i dynamicznych. Badano także wpływ różnych rodzajów uszkodzenia taśmy na rejestrowane wyniki. Taki plan eksperymentu zapewnia wszechstronne i dokładne zbadanie zachowania układu pomiarowego w różnych warunkach.

Rozdział piąty rozprawy zawiera wyniki przeprowadzonych badań i jest najdłuższy ze wszystkich, bo liczy 112 stron. Rozpoczyna się on od przedstawienia przebiegu i wyników kalibracji układu pomiarowego, a także procedury oraz wyników szacowania niepewności pomiaru za pomocą zaproponowanego systemu tensometrycznego. Uważam, że na szczególne uznanie zasługuje zwłaszcza opracowana metodyka szacowania niepewności. Sam fakt, że Doktorant zajął się tym problemem świadczy o zrozumieniu istoty przeprowadzania pomiarów i analizy wiarygodności otrzymanych wyników. Doktorant na wstępie dokonał analizy zgodności rozkładu otrzymanych wyników z rozkładem normalnym za pomocą testu D'Agostino-Pearsona. Wynik testu potwierdził hipotezę o nieistotnej różnicy rozkładu otrzymanych wyników od rozkładu normalnego. Dlatego Doktorant mógł zastosować procedurę szacowania niepewności pomiaru metodą statystyczną (typu A), która jest prostsza niż metoda szacowania niepewności typu B. W dalszej kolejności, w rozdziale piątym przedstawione zostały wyniki badań taśmy przenośnikowej. Wyniki badań taśmy przy różnych typach i wartościach obciążeń, różnych sposobach jej uszkodzeń oraz badania wytrzymałości taśmy na zrywanie stanowią najdłuższą część tego rozdziału. Bardzo interesujący jest ostatni podrozdział rozdziału piątego dotyczący oceny możliwości zastosowania sztucznej inteligencji do analizy sygnału pozyskanego z tensometrycznego układu pomiarowego. Niezwykle aktualna tematyka tego podrozdziału świadczy o tym, że Doktorant obserwuje aktualne trendy w inżynierii mechanicznej i potrafi w sposób krytyczny ocenić przydatność najnowszych rozwiązań w prowadzonych przez siebie badaniach.

Rozdział szósty pracy stanowią wnioski oraz kierunki dalszych badań proponowane przez Doktoranta. Wnioski te generalnie uważam za słuszne. Mam jednak wrażenie, że rozdział ten potraktowany został zbyt skrótowo, zwłaszcza biorąc pod uwagę liczbę badań przeprowadzonych przez Doktoranta.

Spis literatury zawiera 103 pozycje, w tym również publikacje Autora rozprawy. Zaprezentowano także dokumenty normalizacyjne, artykuły w czasopismach branżowych, podręczniki i skrypty akademickie, raporty urzędowe (np. Raporty Wyższego Urzędu Górniczego) oraz źródła internetowe. Praca jest bogato ilustrowana, zawarto w niej 227 rysunków bądź fotografii, a także 69 tabel.

Układ, treść i zakres recenzowanej rozprawy doktorskiej generalnie uważam za prawidłowy. Jednakże jestem zdania, że sformułowanie celu i tezy rozprawy powinno nastąpić po przeprowadzeniu analizy aktualnego stanu wiedzy na temat monitorowania stanu taśm przenośników. Uważam też, że należałoby nieco rozbudować ostatni rozdział, na przykład odnosząc się do analizy konkretnych wyników badań zaprezentowanych w rozdziale 5.2. Rozprawa została przygotowana w sposób staranny, rysunki w przeważającej większości są czytelne. Mam jednak uwagi, co do poprawności językowej rozprawy. W tekście znajduje się duża liczba błędów gramatycznych i literówek. Czasem Doktorant stosował w tekście zbyt długie zdania, które w połączeniu z dość licznie występującymi błędami interpunkcyjnymi były trudne do zrozumienia.

Błędy te nie obniżają jednak mojej pozytywnej oceny tekstu rozprawy. Jak wcześniej wspomniałem, samą tematykę rozprawy uważam za bardzo istotną z punktu widzenia rozwoju inżynierii mechanicznej, a wysoka jakość zaproponowanego w pracy rozwiązania została potwierdzona zgłoszeniem urządzenia do Urzędu Patentowego RP.

Uwagi krytyczne i pytania

1. Zgodnie z tym, co napisałem w omówieniu rozprawy uważam, że należałoby podać cel oraz tezy rozprawy po rozdziale przedstawiającym aktualny stan wiedzy. To właśnie analiza dotychczas stosowanych rozwiązań, ich wad i zalet pozwala na zdefiniowanie problemów naukowych, które nie znalazły jeszcze dostatecznie dobrego rozwiązania.
2. Strona 15, pierwszy akapit: Doktorant stwierdza, że „powszechność stosowania przenośników wynika z ich niezaprzeczalnych zalet” nie podając, jakie to zalety. Należałoby tutaj wymienić chociaż kilka najważniejszych zalet przenośników.
3. Jak wcześniej wspomniałem, tekst rozprawy zawiera dość dużo błędów gramatycznych. Na przykład, taki błąd znajduje się nawet w pierwszej z tez pomocniczych, która brzmi „Tensometryczny układ pomiarowy daje możliwość monitorowania w czasie rzeczywistym siłę nacisku...”. Poprawne brzmienie tego zdania to: „Tensometryczny układ pomiarowy daje możliwość monitorowania w czasie rzeczywistym siły nacisku...”. Inny przykład błędu gramatycznego to drugie zdanie na stronie 23, brzmiące „Współcześnie używane zbudowane z drewna po modernizacji i wykorzystaniu obecnie dostępnych materiałów są w powszechnym użyciu”. Brak podmiotu sprawia, że zdanie to jest trudne do zrozumienia. Innym błędem językowym jest stosowanie przez Doktoranta zbyt długich zdań, w których dodatkowo występują liczne błędy interpunkcyjne. Na przykład, na stronie 19, w drugim akapicie zdanie rozpoczynające się od słów „Beznapędowe systemy transportu...” zajmuje pięć wersów. W tekście rozprawy znajduje się też duża liczba błędów literowych. Z uwagi na dużą liczbę błędów językowych nie wymieniam w niniejszej recenzji wszystkich zidentyfikowanych przeze mnie błędów, ale tylko ich przykłady.
4. Na rysunku 3.7 przedstawiono wykres intensywności zużycia taśmy w funkcji czasu. Środkowy obszar tego wykresu został opisany terminem „stała intensywność zużycia”. Nie jest to do końca właściwie, ponieważ krzywa w tym obszarze nie przedstawia funkcji stałej. Widać, że w tym obszarze taśma także się zużywa, chociaż oczywiście intensywność tego zużycia jest mniejsza niż w obszarze początkowym i końcowym.
5. Strona 41, drugi akapit od końca: Doktorant pisze, że „Taśmom przenośnikowym są stawiane wysokie wymagania bezpieczeństwa, które były powodem tragicznych wypadków w przeszłości”. Zdanie to zawiera błąd logiczny, bo nie sądzę, aby Doktorant naprawdę twierdził, że powodem wypadków są wysokie wymagania bezpieczeństwa.
6. Strona 47, pierwsze zdanie pod rysunkiem 3.29 brzmiące „Rejestrowanie poziomu ciśnienia akustycznego obszaru przenośnika taśmowego znajdującego się w zakresie pomiarowym.” jest dla mnie niezrozumiałe.
7. Rysunek 4.6: Doktorant zatytułował ten rysunek „Analiza statystyczna”. Według mnie nie jest to najlepsze określenie. Rysunek zawiera graficzne przedstawienie wartości średnich wraz z niepewnościami rozszerzonymi. Termin „analiza statystyczna” jest raczej stosowany w przypadku bardziej złożonych obliczeń. Bardziej właściwe wydaje mi się zatytułowanie tego rysunku, jako np. „Parametry statystyczne”.
8. Strona 59: Doktorant podaje wartości średnie oraz oszacowane niepewności dla próbek wzdłużnych i poprzecznych. Warto byłoby podać wartości współczynników rozszerzenia, jakie były użyte do obliczenia niepewności rozszerzonej.

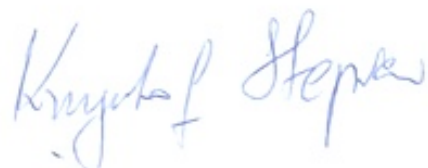
9. Strona 63: rysunek 4.8 przedstawia schemat blokowy badań eksperymentalnych. Doktorant zaproponował różne liczby powtórzeń dla różnych badań (liczba powtórzeń wahała się od 5 do 720 powtórzeń). Moje pytanie brzmi: na jakiej podstawie ustalona została liczba powtórzeń w poszczególnych badaniach?
10. Strona 74: na rysunku 4.28 warto byłoby oznaczyć tensometry symbolami T1, T2 i T3.
11. Strona 75: do analizy zgodności rozkładu wyników z rozkładem normalnym Doktorant użył testu D'Agostino-Pearsona. Czy był jakiś szczególny powód do zastosowania tego konkretnego testu, a nie na przykład testu Shapiro-Wolfa?
12. Strona 76: zależności (5.1)-(5.18) powinny być bardziej objaśnione w tekście.
13. Strona 77: wykres na rysunku 5.2. nie jest histogramem. Histogram charakteryzuje się tym, że słupki, których wysokości odpowiadają częstości przylegają do siebie.
14. Strona 81: na wykresie przedstawionym na rysunku 55, widać, że dla jednego z pomiarów oraz kąta pomiaru równego 300 stopniom wartość wskazania tensometru znacznie się różni od pozostałych. Jaka może być przyczyna tej różnicy?
15. Strona 86: zależność (5.25) przedstawia wzór funkcji aproksymacyjnej krzywą Gaussa. Za pomocą jakiego programu wyznaczone zostały współczynniki tej aproksymacji?
16. Moja generalna uwaga do analizy wykresów przedstawionych w rozdziale 5 jest taka, że Doktorant z reguły skupiał się analizie wartości zmierzonych na poszczególnych tensometrach. Analizując wykresy sygnałów można zauważyć, że wiele z nich w dużej mierze ma charakter periodyczny i wiele segmentów powtarza się w funkcji czasu. Dlatego uważam, że szkoda, że Doktorant nie spróbował zastosować do analizy sygnałów z tensometrów na przykład analizy harmonicznej, falkowej czy fraktalnej. Być może te metody cyfrowego przetwarzania sygnału dałyby bardzo interesujące wyniki.
17. Strona 113: Doktorant pisze, że linia trendu zarejestrowanych wskazań opisana jest wzorem $y = 13,1+53,4$. Oczywiście widać, że wzór jest niepoprawny. Jaka jest poprawna postać tego wzoru?
18. Strona 187: jak już wspomniałem w omówieniu rozprawy rozdział szósty został potraktowany zbyt skrótowo. Moim zdaniem, rozdział ten powinien zawierać głębszą analizę uzyskanych wyników.

Wniosek końcowy

Większość z przedstawionych w niniejszej recenzji uwag ma charakter dyskusyjny i nie wpływa na pozytywną ocenę merytoryczną rozprawy doktorskiej, która jest aktualnym i interesującym opracowaniem Doktoranta, dotyczącym monitorowania stanu taśm przENOŚNIKÓW taśmowych w czasie rzeczywistym. Podjęty problem jest istotny z punktu widzenia biorąc pod uwagę zarówno względy eksploatacyjne, ekonomiczne, jak również niezwykle istotne kwestie bezpieczeństwa i higieny pracy. Zrealizowane przez Doktoranta zadanie badawcze było trudne, a przedstawiony materiał jest oryginalnym dorobkiem Doktoranta, zarówno pod względem poznawczym jak i użytkowym, który wpisuje się w zakres dyscypliny inżynieria mechaniczna. Przedstawione w pracy badania i informacje wskazują, że Doktorant dobrze orientuje się w literaturze przedmiotu oraz posiada wiedzę teoretyczną w obszarze tematyki pracy. Zakres badań jest dobrze uzasadniony i może być kontynuowany w przyszłości. Szczególnie pozytywnie oceniam niezwykle rozbudowane badania eksperymentalne oraz próbę oceny możliwości zastosowania sztucznej inteligencji do analizy sygnału pozyskanego z tensometrycznego układu pomiarowego. Analiza rozprawy wskazuje, że Doktorant potrafi

samodzielnie zidentyfikować problem badawczy, zaproponować metodę jego rozwiązania, w sposób odpowiedni zaplanować eksperymenty badawcze, a także dokonać poprawnej interpretacji otrzymanych wyników.

Na podstawie przedstawionej recenzji stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Damiana Bzinkowskiego pt. „Ocena możliwości identyfikacji stanu taśmy przenośnika za pomocą tensometrycznego systemu pomiarowego ” spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i może być dopuszczona do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, reading "Krzysztof Stepień". The signature is written in a cursive style with a small dot under the letter 'j'.