

dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP
Instytut Konstrukcji Maszyn
Widział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska

Poznań, 07.11.2024 r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Dysarskiego

pt.: Badanie wpływu cech konstrukcyjnych cięgna pasowo-zębatego na charakterystyki użytkowe zespołu transportowo-napędowego

1. Uwagi wstępne

Recenzję wykonano na prośbę Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Bydgoskiej zgodnie z otrzymanym pismem od przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna dr hab. inż. Łukasza Muślewskiego, prof. PBŚ z dnia 8 października 2024 roku. Do pisma został dołączony egzemplarz rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Dysarskiego.

Recenzowana rozprawa obejmuje 136 stron, składa się z wykazu ważniejszych symboli i oznaczeń, streszczenia w języku polskim oraz angielskim, 5 rozdziałów, z których ostatni to bibliografia zawierająca 72 pozycje oraz wykaz wykorzystanych w tekście stron internetowych. Na końcu zawarto spis rysunków oraz tabel.

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski, natomiast promotorem pomocniczym dr hab. inż. Izabela Piasecka, Prof. PBŚ.

2. Ocena doboru tematu rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy badania wpływu cech konstrukcyjnych pasa zębatego pokrytego wybranymi materiałami tworzącymi warstwę wierzchnią o określonych właściwościach na charakterystyki użytkowe zespołu spełniającego jednocześnie dwie funkcje: transportową oraz napędową. Technika napędu z wykorzystaniem cięgien jest rozwijana od wielu lat. Rozwój ten nie ustaje obecnie, wręcz przeciwnie firmy produkujące pasy stale rozwijają materiały, z których wykonywane są osnowa, wzmocnienie oraz ewentualne dodatkowe elementy wpływające na cechy użytkowe pasów (np. zabieraki). Rozwijane są nowe kształty zębów pasów zębatych, nowe kształty przekrojów poprzecznych pasów monolitycznych, wprowadzane są dodatkowe modyfikacje mające na celu uzyskanie pożądanych cech użytkowych (np. perforacja). Rozwijane są również technologie pokrycia pasów materiałami stanowiącymi warstwę wierzchnią o określonych cechach mechanicznych.

Wykorzystanie pasów jako ciągnia transportowo-napędowe jest powszechne, technika doboru, projektowanie tego typu zespołów konstrukcyjnych jest rozwinięte i znane środowisku inżynierskiemu, nie mniej jednak stały dynamiczny rozwój cech konstrukcyjnych pasów wymusza na środowisku naukowym dostarczanie wyników z nowych badań zarówno nad samymi pasami jak i nad zespołami maszynowymi, których głównymi podzespołami są przekładnie pasowe realizujące funkcje napędowe jak i transportowe.

W mojej ocenie Doktorant podjął się aktualnej tematyki oraz zadania, którego efektem mają być wytyczne wspomagające proces projektowania tego typu zespołów napędowych. Określił zależności pomiędzy cechami konstrukcyjnymi ciągnia pasa zębatego z dodatkową warstwą materiału na powierzchni zewnętrznej pasa, które pełni funkcję transportową, a wydajnością, zapotrzebowaniem mocy i jednostkowym zużyciem energii dla ziaren kukurydzy, grochu i ryżu.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Zasadnicza część rozprawy zawarta jest w czterech rozdziałach. Treści zawarte w tych rozdziałach związane są z tematem rozprawy oraz ze zdefiniowanymi celami i zadaniami badawczymi.

W **rozdziale pierwszym** Doktorant przedstawił genezę pracy, przedmiot rozprawy oraz cel i zakres pracy.

W **rozdziale drugim** Doktorant przedstawił stan wiedzy dotyczący zagadnień poruszanych w rozprawie, a w szczególności model sprzężenia w przekładni z pasem zębatym, kinematykę pasa zębatego, zjawiska dynamiczne w pasie zębatym, sprzężenie chwilowe w przekładni z pasem zębatym oraz informacje na temat typów pasów, kierunki rozwoju pasów zębatych stosowanych w przemyśle. Doktorant przedstawił pasy specjalne pokryte różnymi materiałami oraz przedstawił technologie nanoszenia materiałów na pasy. Na końcu tego rozdziału Doktorant podjął próbę określenia wytycznych do badań własnych. Doktorant deklaruje, że wnioski z przeprowadzonych badań mają przysłużyć się jako wytyczne pomocne w rozwoju systemów jak i w konstruowaniu maszyn pakujących z przekładniami transportowo-napędowymi.

Rozdział trzeci zawiera badanie charakterystyk użytkowych przekładni z pasem zębatym. Doktorant definiuje założenia oraz cel badań, deklaruje zaprojektowanie i zbudowanie stanowiska badawczego oraz analizę wyników badań i wyciągnięcie wniosków z nich wynikających. W toku prac eksperymentalnych Doktorant planuje określić skuteczność zespołu napędowo-transportowego, w szczególności charakterystykami takimi jak:

- wydajność masowa,
- energochłonność oraz jednostkowe zużycie energii,
- sprawność napędu, trwałość/wytrzymałość połączeń pasów.

Na podstawie przeprowadzonych analiz literatury oraz dotychczasowych badań doktorant zdefiniował dwa główne cele badawcze, są to:

- opracowanie modelu matematycznego procesu transportowo-napędowego zespołu z ciągnem pasowo-zębatym dla potrzeb rozwoju i optymalnego konstruowania zespołów napędowo-roboczych;
- eksperymentalne wyznaczenie wpływu rodzaju pasa zębatego i nakładki transportowej, ich cech konstrukcyjnych (geometrycznych, materiałowych, dynamicznych), zależności transportowanej masy dla różnych konfiguracji pasa, sztywności konstrukcyjnej pasa z nakładką na charakterystyki użytkowe: moment obrotowy, równomierność prędkości przemieszczania pasa/nakładki, moc na wale czynnym napędowego i transportowego zespołu roboczego.

Na potrzeby zrealizowania określonych celów badawczych Doktorant zdefiniował problemy badawcze (pytania):

- Czy uwzględniając zmienne cechy konstrukcyjne (geometryczne, materiałowe, dynamiczne), sztywności konstrukcyjne pasa z nakładką, możliwe jest opracowanie adekwatnego modelu matematycznego charakterystyk użytkowych: momentu obrotowego, równomierności prędkości przemieszczania pasa/nakładki, mocy na wale czynnym zespołu roboczego oraz zależności transportowanej masy dla różnych konfiguracji pasa?
- Jaki wpływ na moment obrotowy, równomierność prędkości przemieszczania pasa/nakładki, moc na wale czynnym zespołu roboczego wywierają: cechy konstrukcyjne-narzędziowe zespołu transportowo-napędowego, stany surowców i tworzyw przechodzących przez zespół, cechy i relacje ruchu z przemieszczaniem elementów w zespole roboczym?

Następnie Doktorant przedstawił modele matematyczne obiektu badań oraz zaprezentował zaprojektowane i zbudowane stanowisko, które umożliwiło mu realizację badań i wiążące się z nimi cele. W dalszej części Doktorant zdefiniował plan badawczy gdzie określił typy wykorzystanych do badań pasów zębatych, próbki transportowanego materiału ziarnistego oraz rodzaje kół pasowych zębatych. Zadeklarował znalezienie optymalnej prędkości oraz kąta pochyłu pasa jak i wprowadzenie dodatkowych warunków, które zmaksymalizują transport ziaren. Ponadto podjął próbę znalezienia zależności pomiędzy wymienionymi parametrami użytkowymi przekładni a zbadanymi parametrami ziaren. Przedstawił stosowaną podczas badań metodykę. Następnie umieszczone zostały wyniki badań w formie tabel oraz wykresów. Wykresy zawierały krzywe charakteryzujące przetransportowaną masę kukurydzy, grochu oraz ryżu długo ziarnistego w funkcji kąta pochylenia pasa, prędkości oraz napięcia pasa. Na końcu rozdziału Doktorant umieścił podsumowanie wyników badań, które zawiera zdefiniowane zależności matematyczne przetransportowanej określonej masy wybranego produktu w funkcji wcześniej zdefiniowanych parametrów.

W **rozdziale czwartym** doktorant zawarł wnioski, w tym wnioski poznawcze oraz perspektywiczne. Do najważniejszych wniosków poznawczych można zaliczyć:

- przeprowadzone badanie dynamiczne ukazały wysoką sprawność przekładni pasowo zębatej podczas transportu materiału użytego do badań. Z badań wynika, iż zdecydowanie najefektywniejszą sprawność, w czasie transportu osiągnięto przy ryżu. Groch i kukurydza ze względu na swoją budowę i wielkość ziaren, nie zbliżyły się znacząco wynikami w bardzo zbliżonych warunkach efektywności w czasie transportu.

- dla każdego badanego przypadku: kukurydzy, grochu, ryżu i pokryw pasów oraz przy zmiennych ustawieniach zawsze była możliwość opisu matematycznego za pomocą funkcji liniowej, co było udowodnione współczynnikiem korelacji na poziomie co najmniej $R^2 = 0,9$.

- na podstawie analizy wykresów można stwierdzić, że zwilżanie pasa zawsze poprawiało wynik transportowanego materiału. Powód, że pierwsza warstwa „kleiła” się do pasa, można uznać za usprawnienie procesu, bo nie uszkadza ziarna, a poprawia właściwości transportowe (efektywność). Według Doktoranta można zauważyć, że współczynnik R^2 uzyskanych funkcji obiektów badań (FOB) w większości przypadków osiągał zadowalające wyniki. Jednak zauważono, że dla ziarna ryżu przy badaniu kąta osiągnięto współczynnik $R^2 = 0,88$, co można interpretować, że dla ziaren ryżu opis matematyczny nie zawsze będzie spełniał oczekiwania. Doktorant uważa, że dzięki zrealizowanym badaniom można stwierdzić, że transport ziaren odbywa się zgodnie z funkcją liniową w większym lub mniejszym stopniu $R^2 = (0,87 \div 0,97)$.

Rozdział piąty to bibliografia zawierająca 72 pozycje literaturowe oraz 19 pozycji internetowych.

4. Ocena rozprawy

W mojej ocenie Doktorant podjął się rozwiązania szeregu aktualnych problemów badawczych związanych z techniką napędową oraz transportową. Efektem prac Doktoranta są wytyczne wspomagające proces projektowania omawianych zespołów napędowych.

Za wkład Doktoranta w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna należy uznać:

- zaproponowanie metodyki badawczej uwzględniającej poszukiwanie wzajemnych relacji pomiędzy parametrami użytkowymi przekładni cięgnowej spełniającej funkcje napędową oraz transportową oraz właściwościami transportowanego materiału,

- zaprojektowanie oraz zbudowanie stanowiska badawczego umożliwiającego realizację zaplanowanych celów pracy, na którym możliwe jest przeprowadzenie badań w warunkach normalnej pracy (obciążonej przekładni pasowej zębatej), a także transport materiału podczas różnych prędkości przekładni oraz kątów nachylenia i warunków transportu (pokrycia pasa suche oraz zwilżone).

- wyznaczenie matematycznych zależności opisujących funkcje przetransportowanej masy wybranego materiału w funkcji kąta pochylenia pasa, naciągu pasa oraz prędkości pasa dla różnych pokryć pasów oraz warunków transportu.

Doktorant określił zależności pomiędzy cechami konstrukcyjnymi cięgna pasa zębatego z dodatkową warstwą materiału na powierzchni zewnętrznej pasa, które pełni funkcję transportową, a wydajnością, zapotrzebowaniem mocy i jednostkowym zużyciem energii podczas transportu ziaren kukurydzy, grochu i ryżu.

5. Uwagi, komentarze

Moim zdaniem struktura pracy jest zaburzona, część teoretyczna, opisowa jest nadmiernie rozbudowana względem części praktycznej, badawczej. Opis celów pracy, problemów badawczych, hipotez oraz zakresu pracy jest chaotyczny, utrudniający jednoznaczną weryfikację planowanych przez doktoranta działań w ramach realizowanej rozprawy doktorskiej. W części wprowadzającej czytelnika w tematykę brak ciągłości wyводу, znajdują się tam informacje mniej lub bardziej odbiegające od głównego tematu rozprawy doktorskiej (jak np. dość obszerny opis cięgien nie będących pasami zębatymi). W tekście pracy znajdują się fragmenty słabo związane z głównym nurtem tematycznym, przykładem tutaj może być Rys. 38 na stronie 85 prezentujący prasę hydrauliczno-mimośrodową do wyzębienia pasów zębatych, rozdział 3.4.5, którego treści nie zostały wykorzystane w dalszej części pracy, w części badawczej. Zdaniem recenzenta niezasadne jest umieszczanie w treści rozprawy opisu mechanizmów napędowych nie związanych bezpośrednio z głównym tematem rozprawy, przykładem może być przykład pozycjonowania liniowego – układ typu Omega II (str. 68) oraz układy z podciśnieniem.

Doktorant nadużywa pojęcia „optymalizacja”, zdaniem recenzenta Doktorant nie przeprowadził w rozprawie analizy optymalizacyjnej, co najwyżej poszukiwał wartości efektywnych w okrojonym zakresie.

Moim zdaniem Doktorant mógł przeprowadzić bardziej rozbudowane badania eksperymentalne, z większą ilością różnych materiałów pokrywających wierzchnią warstwę pasa, większą ilością materiałów transportowanych, większą zmiennością parametrów użytkowych (prędkość pasa, napięcie pasa, kąt pochyłu). Zwiększenie przestrzeni wyników pozytywnie wpłynęłoby na odbiór pracy oraz przyniosłaby ona większą korzyść otoczeniu gospodarczemu związanemu z tą tematyką.

Doktorant sporo miejsca poświęca analizie obróbki wyników badań, ich dokładności oraz niepewności pomiarowej. Brak niestety użycia tej wiedzy w części z wynikami badań, jest informacja na temat 10 prób, brak natomiast informacji np. o rozrzucie wyników.

Całość tekstu sprawia wrażenie jakby była napisana w pośpiechu, można zauważyć wiele błędów stylistycznych oraz redakcyjnych, oto wybrane:

- „...*W chwili rozruchu przekładni pas przekazuje ruch obrotowy na koło pasowe. W konsekwencji rozruchu przekładni pas przekazuje ruch obrotowy na koło pasowe...*” str. 22,

- „*Rys.4. Sprzęgania pasa zębatego z kołami*” str. 28,

- „...*Warunki pracy pasa klinowego wymagają właściwego doboru materiału pas oraz optymalnego położenia warstwy neutralny pasa...*” str. 36,

- „...*Poniższy rysunek przedstawia zarys współpracy pasa zębatego z koła zębatym.*” str. 45, ten rysunek znajduje się powyżej,

- „...*Podziałka koła zębatego jest mierzona okręgu i jest definiowana jako długość łuku pomiędzy liniami środkowymi...*” str. 57,

- „...*Podziałka koła pokrywa się z linia, kiedy pas wkolo koła zębatego...*” str. 58,

- „*Wnioski z przeprowadzonych badań mają służyć jako wytyczne pomocne w rozwoju systemów i w konstruowaniu maszyn pakujących z przekładniami transportowo-napędowy.*” str. 60,

- „...*Opracowanie modelu matematycznego procesu transportowonapędowego zespoły z ciągnem pasowo-zębatym dla potrzeb rozwoju i optymalnego konstruowania zespołów napędowo-roboczych...*” str. 61,

- „...*Składa się na to obciążenia siła przyspieszenia F_a (liniowe przyspieszenie płytki lub suwaka), siłę tarcia łożyska liniowego, F_f , siłę zewnętrzną (obciążenie robocze), F_w ...*” str. 67,

- „*Model sprzężenia (rys.38) zapisać można w postaci następującego równania...*” str. 80, rysunek tek przedstawia zupełnie coś innego,

- „*Szczegółowe zmienne modelu (rys.39)...*” str. 82, rysunku o takim numerze nie ma,

- „*Na wałach za pomocą wpustów osadzono koło zębate współpracujące z pasem zębatymi. Dzięki zamocowaniu podpór w prowadnicach stworzona została możliwości płynnej regulacji odległości międzyosiowej oraz napięcia wstępnego (rys. 41-43).*” str. 91,

- „*Po przeprowadzeniu badań wstępnego...*” str. 99,

- „*W poniższych tabelach zabrano następujący wyniki badań*” str. 105.

Wiele grafik jest niskiej jakości (np. rys. 29, rys. 30), prezentacja schematów np. na stronie 102 oraz 103 ma formę zdecydowanie utrudniającą analizę. W spisie literatury znajdują się pozycje nie wykorzystane w tekście (np. [54, W2, W3, W8, W15, W16, W17, W19]).

Wskazane niedoskonałości nie wpływają na wartość merytoryczną pracy, jednak utrudniają jej analizę i odbiór.

6. Pytania szczegółowe

1. Na stronie 14 znajduje się stwierdzenie: „...i procesu maszynowego przemieszczania z przekształcaniem...”. Co Doktorant przez to rozumie?
2. Na stronie 60 znajduje się stwierdzenie: „Badano wpływ rozkładu naprężeń na łuku opasania koła, biorąc pod uwagę cechy konstrukcyjne cięgna.” W jaki sposób dokonano tych badań oraz jakie otrzymano wyniki?
3. Na stronie 60 znajduje się stwierdzenie: „Wnioski z przeprowadzonych badań mają służyć jako wytyczne pomocne w rozwoju systemów i w konstruowaniu maszyn pakujących z przekładniami transportowo-napędowej.” Proszę o rozwinięcie myśli w związku z wytycznymi wspomagającymi proces projektowania maszyn pakujących.
4. Na stronie 61 znajduje się stwierdzenie: „i optymalnego konstruowania zespołów napędowo-roboczych” Czy Doktorant dokonał optymalnego konstruowania zespołów napędowo-roboczych?
5. Na stronie 63 znajduje się stwierdzenie: „cechy i relacje ruchu z przemieszczaniem elementów w zespole roboczym, a zaproponowane opisy matematyczne, służą optymalizacji, ułatwieniu wdrożenia wyników, a przede wszystkim sukcesowi gospodarczemu” proszę o rozwinięcie powyższej myśli,
6. Jaki wpływ na wyniki uzyskane z badań mają modele zaprezentowane w rozdziale 3.4?
7. Na stronie 90 znajduje się stwierdzenie: „Za podstawowe problemy wymagające optymalizacji uważa się: cechy geometryczne kół pasowych w przekładni pasowo-zębatej, materiały stosowane do produkcji pasów zębatach i ich pokryć o funkcji transportującej, właściwości przekładni przy zmienionym stosunku średnic kół zębatach, wielkości siły napięcia wstępnego” jaki to ma związek z rozdziałem pod tytułem dokładność pomiarowa?
8. Czy zaprezentowane w pracy stanowisko badawcze mam możliwość płynnej regulacji kąta pochylenia pasa?
9. Jak określano stan napięcia pasa?
10. Jaką wydajność posiada zespół transportujący z kątem nachylenia poniżej 5° ?
11. Na jakiej podstawie ustalono stan napięcia pasa na zaprezentowanym w pracy poziomie?
12. Np. na rysunku 53 pas przemieszczał się z prędkością liniową od 100 do 300 m/s?
13. Czy zwiększanie wilgotności transportowanego materiału jest korzystne ze względu na jego dalsze przechowywanie, przetwarzanie itp.?
14. Czy byłoby korzystne, w podobnym napędzie z funkcją transportową, zastosowanie pasów z zabierakami?

7. Wniosek końcowy oceny rozprawy

Uważam, że tematyka poruszana w recenzowanej rozprawie doktorskiej wchodzi w zakres dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna. Biorąc pod uwagę wartość naukową rozprawy, zakres przeprowadzonych prac oraz to, że Doktorant wykazał się umiejętnością oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, a także ogólną wiedzą teoretyczną z zakresu realizowanej tematyki pracy stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska w stopniu wystarczającym spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. **Podsumowując, wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Bydgoskiej o dopuszczenia mgra inż. Łukasza Dysarskiego do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.**

Krzysztof Talczyński