

dr hab. inż. Paweł Gołda, prof. LAW
Lotnicza Akademia Wojskowa
Wydział Lotnictwa

Warszawa, dn. 08.09.2024 r.

*Recenzje spełnia wymagania formalne
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport*

Recenzja

**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Mazurka
pt.: „Optymalizacja ilościowej i jakościowej przekładni
zębatach dla wybranych silników elektrycznych”**

Podstawa opracowania: Uchwała nr 34/2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, podpisana przez Pana dra hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚ dnia 25 kwietnia 2024 r.

Dokumentację merytoryczną do sporządzenia recenzji stanowi egzemplarz rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. **Łukasza Mazurka** pt. „Optymalizacja ilościowej i jakościowej przekładni zębatach dla wybranych silników elektrycznych”.

Promotorem rozprawy jest Pan prof. dr hab. inż. Bogusław Łazarz, natomiast promotorem pomocniczym dr inż. Markus Kuester.

1. Uwagi ogólne o doborze tematu rozprawy

Recenzowana praca, będąca przedmiotem rozprawy, dotyczy problematyki kompleksowego określenia właściwości dynamicznych oraz akustycznych przemysłowej przekładni mechanicznej TDB 230, redukcji niekorzystnych zjawisk wpływających na pracę i zdolności operacyjne przekładni oraz przeprowadzenia kompleksowych badań stanowiskowych obejmujących swoim zakresem zachowanie dynamiczne oraz akustyczne ww. przekładni.

Tematyka Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Mazurka koncentruje się na opracowaniu dynamiczno-akustycznego modelu numerycznego przekładni TDB 230, który pozwoli na skrócenie procesu wprowadzania produktu na rynek, poprzez zastąpienie części fizycznych testów, odpowiednimi analizami numerycznymi. Doktorant postanowił w tym celu:

- opracować wirtualny model przekładni TDB 230 z wykorzystaniem oprogramowania CAD, odwzorowując geometrię całej przekładni wraz z jej komponentami (zębniaki, koła zębata, korpus, wał wyjściowy, łożyska),

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 23.09.2024
nr 186 zat. —

- przeprowadzić analizę modalną z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (MES) w oprogramowaniu Ansys Mechanical w celu wyznaczenia częstotliwości drgań własnych przekładni oraz ich postaci drgań,
- wykonać analizę harmoniczną przekładni, aby zbadać odpowiedź układu na zadane obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne, uzyskując charakterystyki czasowe i częstotliwościowe,
- opracować model akustyczny przekładni przy użyciu oprogramowania MSC Actran w celu określenia wartości ciśnienia akustycznego, emitowanego przez przekładnię w różnych warunkach pracy (zawieszona w przestrzeni, zamontowana nad podłogą),
- przeprowadzić testy stanowiskowe przekładni TDB 230 na półautomatycznym stanowisku badawczym, aby zweryfikować poprawność modeli numerycznych,
- zarejestrować wyniki w formie plików dźwiękowych oraz przeprowadzić ich analizę przy użyciu specjalistycznego oprogramowania (Ansys VRXperience Sound and Specification) w celu porównania wyników numerycznych i rzeczywistych,
- zmodernizować stanowisko testowe w celu poprawy jakości pomiarów, co obejmowało zmianę sposobu mocowania czujnika pomiarowego bezpośrednio na obudowie przekładni oraz zaprojektowanie specjalnego chwytaka do mocowania czujnika,
- porównać wyniki analizy modalnej i harmonicznej z wynikami uzyskanymi z badań stanowiskowych, co pozwoliło na walidację modelu numerycznego oraz wskazanie jego poprawności w określaniu dynamicznych i akustycznych właściwości przekładni.

Uważam, że podjęty przez mgr. inż. Łukasza Mazurka problem badawczy w rozprawie jest jak najbardziej uzasadniony, a samo sformułowanie tematu rozprawy za właściwe.

Rozprawa składa się ze 135 stron, streszczenia w jęz. polskim i w jęz. angielskim, 8 numerowanych rozdziałów oraz bibliografii. Spis materiałów źródłowych zawiera 85 pozycji.

2. Analiza struktury rozprawy – podział treści na rozdziały

Rozprawa doktorska podzielona jest na osiem rozdziałów, z czego zasadnicza część badań i analiz jest zawarta w rozdziałach 2–7. Praca została przygotowana w sposób przejrzysty i logiczny, co pozwala na konsekwentne prowadzenie czytelnika przez poszczególne etapy badawcze. Struktura rozprawy została zaplanowana tak, aby każdy rozdział wносił istotne informacje, niezbędne do zrozumienia całości problemu badawczego, którym jest modelowanie dynamiczno-akustyczne przekładni mechanicznej TDB 230, wykorzystywanej w napędach przemysłowych, głównie w wózkach widłowych. Wprowadzenie do rozprawy, znumerowane jako rozdział 1, zawiera przesłanki podjęcia tematyki badań i opis zagadnienia, natomiast ostatni rozdział, znumerowany jako 8, jest podsumowaniem dysertacji, które zawiera ogólne wnioski z przeprowadzonych w pracy badań.

Uważam, że ogólna struktura rozprawy jest raczej poprawna i zgodna z koncepcją problemu badawczego. Można mieć zastrzeżenia co do numeracji rozdziałów, ponieważ w tego typu pracach Wprowadzenie i Podsumowanie, na ogół, nie są numerowane.

Część merytoryczną pracy rozpoczyna **rozdział 1** (Wprowadzenie obejmujące 4 str.). Pełni on funkcję wprowadzenia do tematyki badawczej i stanowi ogólny zarys problemu, który będzie analizowany w rozprawie. Autor zaczyna od szerokiego omówienia przemysłu transportowego, zwracając szczególną uwagę na rozwój systemów napędowych oraz dynamiczne zmiany, które w nim zachodzą. Wprowadzenie opisuje także istotność przekładni mechanicznych w napędach transportowych, w szczególności przekładni zębatych, które stanowią kluczowy element tych systemów. Doktorant wskazuje na rosnące wymagania dotyczące ograniczenia hałasu i drgań, które stają się coraz bardziej istotne w kontekście norm środowiskowych oraz przepisów dotyczących maszyn przemysłowych. W tym kontekście praca skupia się na przekładniach zębatych i ich roli w nowoczesnych napędach. Autor przechodzi od ogólnych zagadnień związanych z mechaniką przekładni, przez szczegółową charakterystykę ich konstrukcji, po wprowadzenie problemów dynamicznych i akustycznych. Wprowadzenie kładzie również nacisk na konieczność prowadzenia badań nad drganiami i hałasem w przekładniach zębatych, co jest istotne nie tylko z perspektywy użytkownika, ale także z punktu widzenia optymalizacji konstrukcji i poprawy jakości produktów. Rozdział kończy się przedstawieniem celów pracy, które koncentrują się na opracowaniu numerycznego

modelu przekładni TDB 230 oraz walidacji tego modelu na podstawie wyników badań stanowiskowych.

W **rozdziale 2** (42 str.), dokonany zostaje przegląd literatury oraz aktualnych badań związanych z problematyką przekładni mechanicznych. Struktura tego rozdziału jest dobrze zorganizowana, składająca się z kilku podrozdziałów, które omawiają kluczowe aspekty związane z dynamiką, akustyką oraz modelowaniem numerycznym przekładni zębatych. Pierwszy podrozdział dotyczy ogólnej charakterystyki przekładni zębatych. Autor opisuje różne typy przekładni, ze szczególnym uwzględnieniem przekładni walcowych i stożkowych, które są kluczowe w analizowanym modelu. Zwraca uwagę na ich różnorodność oraz szerokie zastosowanie w przemyśle, a także na znaczenie tych mechanizmów w przenoszeniu mocy i optymalizacji pracy układów napędowych. Kolejny podrozdział skupia się na modelowaniu dynamicznym przekładni zębatych. Autor opisuje metody analizy dynamicznej, w tym dwa główne podejścia: analizę zjawisk dynamicznych w zazębieniu oraz analizę całego układu napędowego z uproszczonym modelem zazębienia. Rozdział ten zawiera również przegląd najnowszych badań i metod, takich jak Metoda Elementów Skończonych (MES) oraz Metoda Układów Wieloczołonowych (MBD), które są szeroko stosowane w modelowaniu dynamiki przekładni. Podrozdział dotyczący wibroaktywności przekładni zębatych opisuje problemy związane z drganiami mechanicznymi oraz ich wpływem na pracę i żywotność przekładni. Autor omawia, jak geometria przekładni oraz materiały użyte do ich produkcji wpływają na drgania, które mogą prowadzić do nadmiernego hałasu i zużycia elementów mechanicznych. Zwraca również uwagę na metody redukcji wibracji poprzez optymalizację konstrukcji oraz dokładność wykonania elementów przekładni. W ostatnim podrozdziale tego rozdziału, dotyczącym akustyki przekładni zębatych, autor analizuje źródła hałasu w przekładniach, wskazując na dynamiczne oddziaływanie zębów kół jako główne źródło emisji hałasu. Podkreślono znaczenie dokładnej analizy akustycznej na etapie projektowania, aby zminimalizować hałas generowany przez przekładnie w warunkach rzeczywistych.

Rozdział drugi kończy się podsumowaniem aktualnych trendów w modelowaniu dynamicznym i akustycznym przekładni, które stanowią podstawę dla dalszych badań przedstawionych w rozprawie.

Rozdział 3 (3 str.) stanowi podsumowanie wcześniejszego przeglądu literatury. Autor skupia się na kluczowych aspektach dotyczących dynamiki i akustyki przekładni

zębatych, które są kluczowe w analizach związanych z redukcją hałasu i drgań w układach napędowych. W tym rozdziale doktorant przedstawia wnioski wynikające z analizy literatury, wskazując na rosnące znaczenie metod numerycznych w modelowaniu zachowań dynamicznych i akustycznych przekładni mechanicznych. Autor wskazuje, że modelowanie numeryczne jest obecnie preferowaną metodą analizy dynamiki i akustyki przekładni, ze względu na możliwość symulacji rzeczywistych warunków pracy bez konieczności przeprowadzania kosztownych testów fizycznych. Podkreśla również znaczenie tzw. „cyfrowego bliźniaka”, czyli wirtualnego modelu maszyny, który pozwala na symulację różnych scenariuszy pracy oraz optymalizację parametrów konstrukcyjnych. Rozdział kończy się podkreśleniem potrzeby integracji różnych metod symulacyjnych, które pozwalają na dokładniejsze zrozumienie właściwości dynamicznych i akustycznych przekładni oraz ich optymalizację.

Rozdział 4 (4 str.) koncentruje się na precyzyjnym określeniu celu pracy, który polega na zbudowaniu dynamiczno-akustycznego modelu numerycznego przekładni TDB 230, stosowanej w napędach przemysłowych. Głównym celem badawczym jest analiza drgań i hałasu generowanego przez przekładnię oraz optymalizacja jej konstrukcji pod kątem zmniejszenia emisji akustycznej. Doktorant przedstawia założenia badawcze, które opierają się na wykorzystaniu metod numerycznych, takich jak Metoda Elementów Skończonych (MES) oraz Metoda Układów Wielocłonowych (MBD), do analizy dynamicznych i akustycznych właściwości przekładni. Opisuje również zakres pracy, który obejmuje zarówno symulacje numeryczne, jak i testy stanowiskowe w celu walidacji modelu.

W rozdziale tym przedstawiono także założenia, dotyczące wpływu parametrów konstrukcyjnych przekładni na jej właściwości dynamiczne i akustyczne oraz cele praktyczne związane z wykorzystaniem wyników badań w firmie ABM Greiffenberger.

W **rozdziale 5** (1 str.), Doktorant przedstawia główną tezę pracy, która zakłada, że dynamiczno-akustyczny model numeryczny przekładni TDB 230 pozwala na skrócenie procesu wprowadzania produktu na rynek, poprzez ograniczenie potrzeby fizycznych testów na etapie prototypowania. Doktorant twierdzi, że kompleksowe podejście do modelowania numerycznego, które obejmuje zarówno analizy dynamiczne, jak i akustyczne, umożliwi precyzyjne określenie właściwości przekładni na etapie projektowania. Teza ta jest uzasadniona koniecznością redukcji kosztów oraz czasu potrzebnego na wprowadzenie nowych produktów na rynek, co jest

kluczowe z punktu widzenia konkurencyjności firmy. Rozdział ten jest kluczowy dla całej pracy, ponieważ to właśnie na podstawie tej tezy formułowane i realizowane są badania numeryczne oraz testy stanowiskowe.

W **rozdziale 6** (37 str.) szczegółowo omawiany jest proces budowy numerycznego modelu przekładni TDB 230. Doktorant przedstawia krok po kroku, jak został zbudowany wirtualny model przekładni, zaczynając od jego konstrukcji w oprogramowaniu CAD, aż po analizę dynamiczną i akustyczną, z wykorzystaniem programów Ansys Mechanical oraz MSC Actran. W ramach analizy dynamicznej przeprowadzono analizę modalną, która pozwala na wyznaczenie częstotliwości drgań własnych przekładni oraz ich postaci. Następnie wykonano analizę harmoniczną, która bada odpowiedź przekładni na zadane obciążenia siłami zewnętrznymi i wewnętrznymi. Obie analizy dostarczyły szczegółowych informacji na temat zachowania przekładni w warunkach dynamicznych, co jest kluczowe dla optymalizacji jej konstrukcji. Model akustyczny, zbudowany przy użyciu MSC Actran, pozwolił na analizę rozkładu ciśnienia akustycznego w otoczeniu przekładni, co umożliwiło określenie poziomu hałasu generowanego przez przekładnię w różnych warunkach pracy. Analiza ta była kluczowa dla oceny wpływu konstrukcji przekładni na poziom hałasu i identyfikację obszarów, które wymagają optymalizacji pod kątem zmniejszenia emisji dźwięku.

W **rozdziale 7** (17 str.) zostały opisane badania stanowiskowe przemysłowej przekładni TDB 230, które zostały przeprowadzone na specjalnym stanowisku badawczym w firmie ABM Greiffenberger. Testy miały na celu walidację wyników uzyskanych w modelowaniu numerycznym oraz określenie rzeczywistych właściwości dynamicznych i akustycznych przekładni.

Stanowisko badawcze, wyposażone w akcelerometr JM 352C68, pozwalało na rejestrację przyspieszeń w określonych punktach przekładni, co umożliwiło analizę drgań i hałasu generowanego przez przekładnię. Wyniki testów stanowiskowych potwierdziły zgodność z wynikami uzyskanymi w analizach numerycznych, co pozwoliło na walidację modelu numerycznego. Rozdział ten zawiera także opis modernizacji stanowiska badawczego, która została przeprowadzona w celu poprawy dokładności pomiarów. Modernizacja obejmowała zmianę sposobu mocowania czujnika pomiarowego, co wyeliminowało wpływ zewnętrznych drgań na wyniki testów i zwiększyło precyzję pomiarów.

Moim zdaniem, rozdziały od 6-7 stanowią najbardziej wartościową część pracy, biorąc pod uwagę pierwiastek naukowy rozprawy.

W **Rozdziale** 8 (5 str.) Autor podsumowuje przeprowadzone badania i przedstawia kluczowe wnioski. Doktorant podkreśla, że opracowany model numeryczny przekładni TDB 230 umożliwia precyzyjne określenie jej właściwości dynamicznych i akustycznych, co pozwala na znaczne skrócenie czasu wprowadzenia produktu na rynek. Wyniki badań symulacyjnych i stanowiskowych wykazały, że zaproponowana metoda modelowania numerycznego pozwala na ograniczenie liczby fizycznych testów i optymalizację konstrukcji przekładni na etapie prototypowania. Podsumowanie pracy wskazuje również na możliwości dalszego rozwoju opracowanych modeli numerycznych oraz ich zastosowanie w analizie innych przekładni mechanicznych wykorzystywanych w przemyśle.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Rozprawa doktorska ma wyraźnie **charakter użyteczny**, co jest jej mocną stroną. Skoncentrowana została na rozwiązaniu konkretnego problemu technicznego, związanego z przekładniami przemysłowymi TDB 230. Rozprawa łączy zarówno aspekty teoretyczne, jak i praktyczne. Zastosowanie modeli numerycznych do analizy dynamiczno-akustycznej przekładni oraz ich walidacja na podstawie testów stanowiskowych pozwalają na optymalizację konstrukcji i skrócenie czasu wprowadzenia produktu na rynek. Tego typu prace mają bezpośrednie zastosowanie w przemyśle, co czyni ją szczególnie wartościową dla firmy ABM Greiffenberger.

Doktorant porusza się swobodnie w badanej tematyce, co widać po umiejętnym doborze narzędzi badawczych i metod analizy (m.in. Ansys, MSC Actran). Opracowane modele numeryczne, w szczególności dynamiczno-akustyczne, są zaawansowane i kompleksowe, a doktorant poprawnie interpretuje wyniki uzyskane zarówno z symulacji, jak i testów stanowiskowych. Widać także dobrą znajomość aktualnych trendów w badaniach nad przekładniami oraz umiejętność praktycznego wykorzystania teorii w rzeczywistych zastosowaniach.

Za najważniejsze osiągnięcia Autora rozprawy uważam:

- opracowanie dynamiczno-akustycznego modelu numerycznego przemysłowej przekładni TDB 230, który obejmuje analizę drgań własnych i odpowiedzi częstotliwościowej. To pozwoliło na dokładne zrozumienie zachowania przekładni pod

wpływem różnych obciążeń, co znacząco rozwija dotychczasowe metody stosowane w firmie.

- modelowanie numeryczne, oparte na MES i innych zaawansowanych narzędziach, zostało walidowane za pomocą badań stanowiskowych na których uzyskano zgodne wyniki z symulacji i testów, co potwierdza wiarygodność proponowanego podejścia. Wszystkie wymienione elementy rozprawy stanowią o dużej jej wartości merytorycznej.

Zastrzeżenie może budzić kilka elementów, a mianowicie:

- wprowadzenie oraz podsumowanie mogłyby zostać lepiej rozdzielone i wyraźniej zarysowane na początku i końcu pracy. Cel i założenia badawcze pojawiają się dość późno, co może utrudniać szybkie zrozumienie kierunku badań.

- rozbudowana część dotycząca wyników, zwłaszcza w rozdziałach analizujących wyniki pomiarów stanowiskowych, mogła być bardziej klarowna. Mimo poprawnych interpretacji, wyniki są przedstawione w sposób, który może być nieco trudny do śledzenia. Warto byłoby rozważyć wprowadzenie tabel z bardziej syntetycznym przedstawieniem wyników.

- dla odbiorcy mniej zaznajomionego z technologiami modelowania numerycznego, niektóre opisy dotyczące budowy modeli i wykorzystania narzędzi takich jak Ansys czy MSC Actran mogą wydawać się zbyt szczegółowe i skomplikowane.

- dyskusja nad wynikami mogłaby być bardziej rozbudowana. Chociaż doktorant poprawnie interpretuje wyniki, nie ma głębszego odniesienia do alternatywnych metod lub badań innych autorów, co mogłoby wzmocnić naukową wartość pracy.

Nie mniej jednak, struktura rozprawy jest dobrze przemyślana i logiczna. Każdy rozdział wnosi istotne informacje, a treści są ze sobą powiązane, tworząc spójną całość. Doktorant skutecznie przechodzi od przeglądu literatury, przez budowę modeli numerycznych, aż po testy stanowiskowe, co pozwala na dokładną analizę dynamicznych i akustycznych właściwości przekładni TDB 230.

Podsumowując ocenę dysertacji Pana mgr. inż. Łukasza Mazurka, stwierdzam, że konstrukcja rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań są dobre i właściwe dla tego rodzaju prac. Metodyka badań oraz otrzymane wnioski z badań teoretycznych i eksperymentalnych stanowią w znacznej części oryginalny wkład Autora. Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz

opanowaniem metod eksperymentalnych i analitycznych stosowanych w dyscyplinie *Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport*.

4. Uwagi szczegółowe

Analiza tekstu rozprawy rodzi kilka pytań szczegółowych, które nasunęły się w trakcie czytania. Odpowiedzi na pytania oczekuję podczas publicznej obrony:

1. Jakie były kryteria doboru materiałów do modelu numerycznego przekładni? Czy nie istnieje ryzyko, że przyjęte właściwości materiałowe mogą nie odpowiadać rzeczywistym warunkom pracy?
2. Dlaczego pominięto badania w warunkach rzeczywistych (np. w pełnej eksploatacji w wózku widłowym) i jak ich brak wpływa na wiarygodność wyników numerycznych?
3. Jakie ograniczenia ma zaproponowany model numeryczny, jeśli chodzi o złożone układy obciążeń dynamicznych, które mogą pojawić się w rzeczywistej pracy przekładni? Czy uproszczenia zastosowane w modelu mogą mieć wpływ na precyzję wyników?
4. Czy wyniki analizy wibroakustycznej są zgodne z odpowiednimi normami emisji hałasu dla tego typu przekładni? Jakie normy wzięto pod uwagę?
5. Czy można jednoznacznie stwierdzić, że modernizacja stanowiska badawczego poprawiła jakość wyników pomiarowych? Jak oceniono wpływ wibracji zewnętrznych na wyniki po modernizacji?

Pomimo wszystkich zalet i bardzo dobrej oceny rozprawy pod względem zawartości merytorycznej, dysertacja ma pewne niedostatki. Nie umniejszają one jednak wartości merytorycznej pracy, a utrudniają jedynie zrozumienie jej fragmentów. Niektóre z nich przytaczam poniżej:

- w kilku miejscach w rozprawie pojawiają się niejednoznaczne określenia dotyczące metod obliczeniowych, np. "modelowanie numeryczne" i "analizy dynamiczne", bez dostatecznego wyjaśnienia kontekstu, co może prowadzić do nieporozumień w interpretacji;
- niektóre etapy przeprowadzanych analiz, takie jak sposób przyjęcia danych wejściowych do analizy modalnej, nie są wystarczająco wyjaśnione. Brak jest szczegółowego opisu, dlaczego wybrano takie, a nie inne parametry w modelu MES;

- w niektórych częściach pracy, szczególnie w odniesieniu do modelowania akustycznego, brakuje odniesień do literatury źródłowej. Wydaje się, że autor nie w pełni uzasadnił wybór narzędzi i metod w kontekście istniejących badań naukowych;
- wnioski są momentami zbyt ogólne. Brakuje szczegółowych analiz, które wytłumaczyłyby wpływ poszczególnych parametrów na wyniki symulacji oraz zrozumienie wpływu modyfikacji na działanie przekładni;
- analiza wyników stanowiskowych jest przeprowadzona pobieżnie. Przedstawiono przebiegi czasowe oraz spektrogramy, ale nie podjęto próby szczegółowej analizy, np. nie porównano wyników z normami branżowymi dotyczącymi hałasu i drgań;
- autor nie poświęcił wystarczającej uwagi ograniczeniom zastosowanego modelu numerycznego. Każdy model numeryczny ma swoje granice stosowalności, co powinno być jasno przedstawione, zwłaszcza w odniesieniu do uproszczeń geometrii i właściwości materiałowych;
- walidacja numerycznych wyników jest częściowa i opiera się głównie na wynikach stanowiskowych. Brak dodatkowych danych z testów w warunkach rzeczywistych, które mogłyby bardziej kompleksowo potwierdzić poprawność modelu.

5. Wniosek końcowy oceny rozprawy

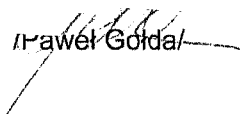
Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa, mimo przedstawionych uwag krytycznych, które nie podważają zasadniczego dorobku Doktoranta, została wykonana na dobrym poziomie merytorycznym. Wyznaczone przez mgr. inż. Łukasza Mazurka cele rozprawy zostały osiągnięte, a teza udowodniona.

Dokonując oceny całości rozprawy, wyrażam opinię, iż stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, zdolność do analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem, umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz wskazuje na odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej jej Autora i umiejętności praktyczne w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą.

Reasumując, stwierdzam, że rozprawa mgr. inż. Łukasza Mazurka pt. „Optymalizacja ilościowej i jakościowej analizy przekładni zębatych dla wybranych silników elektrycznych”, spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim, określone w

art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) oraz mieści się w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Stawiam więc wniosek o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji – jako rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Mazurka na stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport* i dopuszczenie jej do publicznej obrony.


Paweł Gorda