



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki

Kraków, dn. 30.09.2023 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Gabrieli Chwalik - Pilszyk: pt. „Modelowanie dyskretnie w analizie drgań przenoszonych na osobę poruszającą się na wózku inwalidzkim” dla Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie

1. Podstawa opracowania rozprawy

Recenzję wykonano na podstawie zlecenia Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej prof. dr. hab. inż. Jerzego Sładka z dn. 31 lipca 2023 r. Recenzja została wykonana zgodnie z obowiązującymi przepisami zawartymi w Ustawie z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dziennik Ustaw z 2018 r. poz. 1668.

2. Charakterystyka ogólna rozprawy – obszar problemowy i aktualność podjętej tematyki

Oceniana praca doktorska została wykonana w Katedra Mechaniki Stosowanej i Biomechaniki na Wydziale Mechaniki Politechniki Krakowskiej pod kierunkiem Prof. dr. hab. inż. Marka S. Kozienia. Tematyka podjęta przez Doktorantkę związana jest problem identyfikacji parametrów mających wpływ na wielkość drgań, ich propagację i oddziaływanie drgań o ogólnym działaniu na organizm człowieka. Realizowana tematyka badawcza jest bardzo ważna i aktualna zarówno ze względów naukowych jak, i społecznych. Główny Urząd Statystyczny na podstawie Badań Aktywności Ekonomicznej Ludności informuje, że w Polsce liczba osób niepełnosprawnych ruchowo w wieku 16 lat i więcej obecnie wynosi około 3,0 mln osób, w tym liczbę osób uzależnionych od wózka inwalidzkiego szacuje się na około 100 tys.

Z naukowego punktu widzenia, problem ten jest szczególnie istotny ponieważ w rzeczywistych warunkach eksploatacji na zawieszenie wózka inwalidzkiego oddziałują wymuszenia kinematyczne, pochodzące od nierówności powierzchni, o charakterze wymuszeń losowych. Pełny opis takich procesów jest trudny, a przy jego opisie przyjmuje się, że mają one charakter stacjonarny w szerszym sensie oraz ergodyczny.

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska liczy 109 stron, w tym stronę tytułową, spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, bibliografię oraz spis tabel. Ponadto do pracy załączono 4 załączniki, zawierające:

- Załącznik A – Ankieta do oceny odczuwana uciążliwości drgań przez użytkownika wózka inwalidzkiego,
- Załącznik B – Skrypt programu do analizy drgań własnych w pakiecie analiz symbolicznych Maple V,
- Załącznik C – Skrypt programu do analizy drgań wymuszonych w pakiecie analiz symbolicznych Maple V,
- Załącznik D – Skrypt programu zawierający makra do analizy drgań własnych i wymuszonych deterministycznych oraz drgań wymuszonych losowych w pakiecie analiz metodą elementów skończonych Ansys.

W części zasadniczej praca składa się z wprowadzenia, czterech rozdziałów merytorycznych oraz podsumowania i wniosków końcowych. Układ pracy jest poprawny i odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim. Tytuły poszczególnych rozdziałów odpowiadają ich zawartości, praca jest poprawnie zbilansowana objętościowo, a wykorzystane pozycje literatury można uznać za prawidłowe.

We wprowadzeniu pracy Autorka przedstawia problemy związane z oddziaływaniem drgań ogólnych na człowieka i modelowaniem tych oddziaływań. Sprecyzowała cel badań, postawiła tezę badawczą oraz uzasadniła celowość podjętych prac naukowych.

Zidentyfikowana luka badawcza jak również wskazane przesłanki uzasadniają celowość podjętych przez Autorkę badań zarówno w wymiarze naukowym jak i w wymiarze utylitarnym.

W rozdziale drugim Autorka opisuje oddziaływania drgań ogólnych na człowieka, a w szczególności na użytkownika wózka inwalidzkiego. Omawiając konstrukcję wózka inwalidzkiego zwraca uwagę elementy podnoszące komfort jego użytkowania. Doktorantka opisuje również czynniki wpływające na percepcję odbieranych drgań. W rozdziale drugim opisane są również badania doświadczalne dotyczące wpływu wybranych czynników na amplitudę drgań odbieranych przez użytkownika wózka inwalidzkiego. Ważnym elementem tego rozdziału są badania ankietowe przeprowadzone przez Doktorantkę i ich analiza.

W rozdziale trzecim omawiane są modele biomechaniczne opisujące ciało człowieka ze szczególnym uwzględnieniem interakcji osoby w pozycji siedzącej – wózek inwalidzki. Do opisu dynamiki ciała ludzkiego i w dalszej konsekwencji przemieszczenia się człowieka na wózku Autorka wybrała model Van i Schimmles,

który uzupełniła o dodatkowy element jakim jest wspomniany wózek. W tym rozdziale Autorka opisała wielocłonowy model człowieka w pozycji siedzącej. Ważnym zagadnieniem rozwiązany w tym rozdziale jest identyfikacja parametrów połączenia podłoże – wózek inwalidzki, które to zostały wyznaczone eksperymentalnie.

W rozdziale czwartym zamieszczono analizy drgań człowieka siedzącego przy uwzględnieniu wymuszeń harmonicznyc. Na tym etapie jest to jeszcze model uproszczony. Analiza została przeprowadzona dla wcześniej opracowanego modelu człowieka przy zastosowaniu modelu wielocłonowego. Otrzymane wyniki obliczeń numerycznych zostały następnie porównane z wynikami otrzymanymi w badaniach doświadczalnych.

W rozdziale tym zamieszczono również wyniki obliczeń analitycznych przy zastosowaniu pakietu obliczeń symbolicznych Maple V, natomiast w obliczeniach numerycznych zastosowano metodę elementów skończonych - środowisko Ansys. Rozdział czwarty kończą analizy drgań losowych w tym symulacje dla danych z autorskich badań doświadczalnych. W tym przypadku zastosowano już model zaawansowany.

Podsumowanie wyników przeprowadzonych analiz i badań, dyskusję i dalsze kierunki badań Autorka zawarł w rozdziale piątym kończącym merytoryczną część podjętego tematu.

3. Merytoryczna ocena pracy

Zbudowanie dyskretnego modelu człowieka – użytkownika wózka inwalidzkiego wraz z wózkiem do analizy drgań przekazywanych na tego użytkownika przy przemieszczaniu wózka po nierównym podłożu było celem ocenianej pracy.

Zaś postawiona teza pracy mówi, że zaproponowany model o pięciu stopniach swobody (model Van – Schimmels uzupełniony o model wózka inwalidzkiego) jest wystarczający do opisu drgań przenoszonych na wybrane części ciała użytkownika w przypadku ruchu biernego po nierównych powierzchniach.

Jako metodę badawczą w pracy przyjęto: analizy symboliczne, badania ankietowe, eksperyment laboratoryjny, obliczenia i analizy numeryczne dla wymuszenia harmonicznego, i stochastycznego wymuszenia kinematycznego.

Zastosowane przez Doktorantkę metody badawcze są interdyscyplinarne, wymagają wiedzy między innymi z zakresu biomechaniki, mechaniki i informatyki (Catia, MSC Adams, Catman EASY AP, Ansys, Maple V).

Przeprowadzone badania pozwoliły Autorce osiągnąć cel pracy oraz dowieść słuszności postawionej tezy. Doktorantka uzyskała oryginalne rozwiązanie dotyczące

modelowania i analizy drgań człowieka poruszającego się w sposób bierny wózkiem inwalidzkim w wyniku wymuszeń pochodzących od nierówności powierzchni - mikroprofilu poprzecznych powierzchni.

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki można zaliczyć:

- opracowanie oryginalnego modelu dyskretnego pięciomasowego człowieka poruszającego się w sposób bierny wózkiem inwalidzkim,
- zaprojektowanie oryginalnych stanowisk badawczych oraz realizację badań ankietowych, badań doświadczalnych dotyczących wpływu wybranych czynników (rodzaju wózka, metody poruszania, rodzaju nawierzchni) na wielkość drgań odbieranych przez użytkownika wózka inwalidzkiego,
- wyznaczenie stochastycznego wymuszenia kinematycznego działającego na wózek inwalidzki dla różnych profili drogi.

4. Edytorska ocena pracy i uwagi dyskusyjne

Ogólna dobra ocena recenzowanej pracy nie zwalnia jednak recenzenta z obowiązku wypunktowania uchybień zawartych w tekście:

- w badaniach przyjęto różne wartości masy (76 kg, 84 kg, 66 kg), konieczne jest uogólnienie uzyskanych wyników badań doświadczalnych,
- w wielu miejscach występuje lakoniczny opis prowadzonych badań, np. badania w paśmie oktawowym, a powinno w paśmie oktawowym o częstotliwości środkowej 8 Hz,
- str. 8: brakuje uzasadnienia przyjęcia wymuszenia harmonicznego o częstotliwości 2 Hz,
- str. 16: wniosek „użytkownicy uskarżają się tylko na dolegliwość kończyn górnych, nie jest całkowicie poprawny ponieważ, znaczna ilość osób korzystających z wózka inwalidzkiego, są to osoby po urazie rdzenia kręgowego,
- str. 19: na transmisję drgań ma również wpływ współczynnik tłumienia,
- str. 23: występuje lakoniczny opis badań ankietowych, warto te badania szerzej omówić,
- str. 26: konieczne jest podanie wymiarów pojedynczych elementów powierzchni,
- str. 28: norma ISO została przekroczona, raczej charakterystyki lub wartości określone w normie,
- str. 30: zamiast najwyższa powinno być maksymalna
- str. 41 i rys. 2.19: proszę o wyjaśnienie jak Doktorantka rozumie termin „dawka drgań”,
- str. 48: wartość przyspieszenia powinno być wartość amplitudy przyspieszenia,

- str. 49: jak należy rozumieć elementy pośrednie w pary kinematyczne,
- str. 50: jak Autorka dobrała wartości współczynników,
- str. 63: na rysunku brakuje „linii zielonej” lub odpowiedniego komentarza,
- str. 65: bardzo często zastosowano słowo „różny”,
- str. 66: masa skupiona, raczej masa przyłożona w punkcie
- wielokrotnie brakuje dokładnego wnioskowania, a występują słowa „wykazuje dużą zgodność, nieco większe”,
- str. 74: tabelę 4.5 warto uzupełnić o częstotliwość wymuszenia 2 Hz, dla której przeprowadzono znaczną część badań doświadczalnych,
- występują drobne błędy edytorskie np. był zamiast brył.

5. Podsumowanie

Przedstawiona rozprawa doktorska należy do ważnego obszaru badawczego, związanego z oddziaływaniem drgań na człowieka i komfortem życia osób z dysfunkcjami kończyn dolnych. Rozprawa doktorska, mieszcząca się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna posiada oryginalne cechy naukowe oraz poszerza zakres wiedzy w tym temacie o nowe elementy. Na podstawie przedstawionych wyników i metodyki rozwiązywania zadań badawczych, koncepcję rozprawy doktorskiej oceniam jednoznacznie pozytywnie. Doktorantka wykazała się umiejętnością poprawnego wyboru i sformułowania naukowego celu pracy. Następnie konsekwentnie, z dobrą znajomością zagadnienia, cel ten zrealizowała. Pozwala to stwierdzić zdolność doktorantki do prowadzenia efektywnej, samodzielnej pracy naukowej.

Stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska mgr inż. Gabrieli Chwalik - Pilszyk pt: „Modelowanie dyskretne w analizie drgań przenoszonych na osobę poruszającą się na wózku inwalidzkim” spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (ustawa wraz z rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r., a także ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, (D.U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie Autorki do publicznej obrony.



Prof. dr hab. inż. Jerzy Wiciak

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie