

Dr hab. inż. Wojciech Sumelka, prof. PP
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Instytut Analizy Konstrukcji
ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań
wojciech.sumelka@put.poznan.pl

Poznań, 17.07.2020r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr inż. Bartłomieja Pokusińskiego

1. Podstawa formalna recenzji

- Uchwała Rady ds. Stopni Naukowych Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej z dnia 07.05.2020r., wyrażona w piśmie Dziekana Wydziału Pana Prof. dr hab. inż. Marka Lefika z dnia 11.05.2020r.;
- Ustawa z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595, z póź. zm.);
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669, z póź. zm.).

2. Sylwetka Doktoranta

Pan mgr inż. Bartłomiej Pokusiński uzyskał stopień magistra inżyniera w 2014 roku na Politechnice Łódzkiej z wynikiem celującym. Kandydat jest obecnie doktorantem w Katedrze Mechaniki Konstrukcji Politechniki Łódzkiej (Zakład Niezawodności Konstrukcji). Doktorant jest współautorem 6 publikacji naukowych, w tym publikacji w prestiżowym czasopiśmie *Computers and Structures*. Pan mgr inż. Bartłomiej Pokusiński, za swoje osiągnięcia uzyskiwał liczne wyróżnienia: I miejsce w czwartej edycji konkursu na najlepszą pracę magisterską napisaną z użyciem oprogramowania INTERsoft w 2014; prestiżową nagrodę im. Jana Szmeltera PTMKM w 2017.

3. Charakterystyka i ocena rozprawy

3.1. Zawartość rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Pokusińskiego pt. „Niezawodność wybranych stalowych konstrukcji prętowych typu diagrid” obejmuje 184 strony (w tym 6 stron bez numerów), w tym: spis treści, 6 rozdziałów, spis literatury o łącznej liczbie 250 pozycji (w tym 6 publikacji współautorskich Kandydata), spis norm, poradników i katalogów w liczbie 18 pozycji, spis oznaczeń i skrótów oraz 3 załączniki. Główną tezę stawianą w pracy jest wykazanie, iż przy odpowiednich założeniach, w zagadnieniach dotyczących stalowych konstrukcji prętowych typu diagrid, metody perturbacyjne odpowiednio wysokiego rzędu umożliwiają uzyskanie dowolnie założonej dokładności wyznaczenia wartości kluczowych charakterystyk losowych.

W rozdziale 1 Doktorant formułuje tezę pracy, cele główne i towarzyszące, wprowadza do problematyki konstrukcji prętowych typy diagrid oraz dokonuje przeglądu literatury z podziałem na zagadnienia teorii niezawodności, metod perturbacyjnych, odpowiedzi konstrukcji oraz zastosowań i projektowania konstrukcji diagrid. Ponadto, w rozdziale wskazano, ze względu na dalsze zastosowanie Metody Funkcji Odpowiedzi, na kluczowe znaczenie doboru funkcji odpowiedzi i związanego z tym doborem stosownego kryterium.

Rozdział 2 poświęcony jest omówieniu metod określania niezawodności konstrukcji. Omówiono podejście normowe oraz probabilistyczne. Ponadto, w syntetyczny sposób przedyskutowano wskaźniki Cornella i Hasofer-Linda oraz zdefiniowano metody niezawodności pierwszego (FORM) i drugiego (SORM) rzędu.

W rozdziale 3 Kandydat definiuje stosowany model konstytutywny stali, wymienia równania Metody Elementów Skończonych dla zadania statyki liniowej i nieliniowej, dynamiki liniowej oraz stateczności początkowej. W dalszej części Doktorant definiuje Metodę Funkcji Odpowiedzi wraz z miarami dopasowania oraz metody całkowania bezpośredniego i perturbacji stochastycznej. Ponadto zdefiniowano wartość oczekiwaną, wariancję, m-ty moment centralny, współczynnik wariancji, skośność i kurtozę. Wskazano również na wykorzystanie w wyprowadzeniach powyższych miar programu MAPLE.

Rozdział 4, kluczowy w przedmiotowej rozprawie, szczegółowo analizuje kryteria doboru funkcji odpowiedzi oraz wyznaczenie wymaganego rzędu perturbacji. Osiągnięte rezultaty pozwoliły Doktorantowi na udowodnienie tezy pracy, a mianowicie, że poprzez odpowiedni dobór funkcji odpowiedzi możliwe jest osiągnięcie żądanej dokładności obliczeń

charakterystyk probabilistycznych metodami perturbacyjnymi. W kolejnych podrozdziałach potwierdzono uzyskane rezultaty formalne na przykładach konstrukcji inżynierskich takich jak dźwigary płaskie, powłoki walcowe oraz kopuły prętowe (každorazowo w układzie klasycznym i diagrid.)

Rozdział 5 w całości dedykowany jest analizie i porównaniu niezawodności konstrukcji, które podlegały analizie probabilistycznej w rozdziale 4. W zależności od typu konstrukcji analizowano różne funkcje graniczne t.j. maksymalne ugięcia globalne i lokalne, maksymalne przemieszczenia poziome, pierwszą częstotliwość drgań własnych, ekstremalne naprężenia zredukowane, czy też minimalne mnożniki krytyczne dla stateczności początkowej. Wykazano, iż dokładność metody FORM jest wystarczająca i co bardzo istotne wskazano na luki w normach projektowych m.in. brak wymagań dotyczących wartości modułu Younga. Ponadto wskazano, iż dla wybranych konstrukcji (kopuły prętowe) zbyt mało rygorystyczne stosowanie ograniczeń stanów granicznych może skutkować brakiem możliwości spełnienia kryterium niezawodności (nawet przy współczynniku wariancji dążącym do zera).

W rozdziale 6 Kandydat podsumowuje rozprawę, formułuje kluczowe wnioski oraz wskazuje kierunki dalszego rozwoju.

Rozprawę kończą 3 załączniki zawierające opracowane w ramach rozprawy skrypty programu MAPLE w kolejności do: wyznaczenia zmodyfikowanego kryterium RMSE (Root Mean Squared error); określenia wymaganego rzędu perturbacji; oraz do wyznaczenia charakterystyk losowych.

3.2. Ocena merytoryczna rozprawy

3.2.1. Uwagi ogólne

Analiza stalowych konstrukcji prętowych typu diagrid stanowi istotny aspekt badawczy w inżynierii lądowej. Jak wykazano w przedmiotowej rozprawie, mimo istnienia zaawansowanych technik obliczeniowych, niezawodność ww. konstrukcji, stanowi nietrywialny problem naukowy. Ponadto, jest warte podkreślenia, iż recenzowana praca ma znacznie szersze znaczenie niżeli tylko zastosowanie do konkretnego typu konstrukcji budowlanych. Uzyskiwane rezultaty są bowiem ogólne i wnoszą wkład do metod funkcji odpowiedzi oraz perturbacji stochastycznej – co wyraźnie podkreśla udowodnienie tezy pracy już na 78 stronie rozprawy - przytaczane przykłady praktyczne są w zasadzie tłem,

aczkolwiek prowadzą do istotnych wniosków dodatkowych. W tym sensie Doktorant trafnie wybiera tematykę badawczą, która jest wyraźnie interdyscyplinarna.

3.2.2. Uwagi główne

Układ rozdziałów w rozprawie uważam za poprawny – z ewentualną sugestią rozbicia rozdziału 4 na dwa t.j. podrozdziały 4.1. i 4.2 mogłyby z powodzeniem stanowić odrębny rozdział – podobnie jak 4.3, 4,4 i 4.5.

Rozdział 1, nie budzi zasadniczych zastrzeżeń. Za pewien mankament można uznać pobieżne omówienie literatury tematu (5 stron) – choć zestawienie literatury obejmuje łącznie prawie 300 pozycji. Niemniej, ten zwarty przegląd literatury jest syntetyczny i pozwala jednoznacznie stwierdzić, iż Doktorant szczegółowo zna główne nurty w analizie niezawodności. Jak wspomniano powyżej, Kandydat cytuje również już opublikowane prace własne, które dobrze wpisują się w trendy światowych badań. W tym miejscu, już na etapie rozdziału 1 można postawić istotne pytanie – dlaczego pominięto dyskusję problemu połączeń i ich wpływy na niezawodność?

Rozdział 2 jest syntetyczny, Doktorant w sposób jednoznaczny wykazuje znajomość omawianych w nim metod (w tym wady, zalety, ograniczenia). Ponadto, Kandydat w trafny sposób dokonuje wyboru dalej wykorzystywanych (i rozwijanych) metod obliczeniowych i stosownych miar niezawodności.

Rozdział 3 to pierwszy z rozdziałów, który obejmuje istotne elementy oryginalne, a szczególnie uzyskanie formuł Metody Perturbacji Stochastycznej w podrozdziale 3.5 z wykorzystaniem programów MAPLE i Mathematica. Pewnym mankamentem są natomiast podrozdziały 3.1. oraz 3.2. W moim przekonaniu Autor winien w tym miejscu krótko omówić stosowaną (w rozdziale 4) teorię (stosowane teorie?) belkową oraz wskazać jej (ich) ograniczenia. Powstaje zatem pytanie jakie modele strukturalne wykorzystywano? Czy współczynnik Poissona (2.20) odgrywał jakąkolwiek rolę?

Rozdział 4 obejmuje kluczowy rezultat rozprawy. To w tym rozdziale (podrozdziały 4.1-4.2) udowadnia się tezę rozprawy oraz formułuje się nowe rezultaty szczególnie w zakresie doboru funkcji odpowiedzi oraz rzędu perturbacji (w tym opracowanie stosowych kryteriów). Kandydat z dużą starannością opisuje założenia, ograniczenia i istotne przypadki szczególne mogące wpływać na wnioski (np. omówienie tzw. kwartetu Anscombe'a). Takie podejście oraz kilkaset tysięcy przeanalizowanych przypadków są gwarantem rzetelności badań. Jak wspomniano powyżej druga część rozdziału (podrozdziały 4.3-4.5) to przykłady praktyczne.

Mankamentem tych ostatnich jest nadal brak sprecyzowania jakie teorie strukturalne są wykorzystywane w obliczeniach i ponownie nie dyskutuje się problemu połączeń w konstrukcjach diagrid. W dość arbitralny sposób przyjęto również funkcje graniczne np. maksymalne ugięcia globalne i lokalne, maksymalne przemieszczenia poziome itp. - bez głębszej argumentacji. Natomiast jest warte podkreślenia, iż wykazano, że wybrana metoda TISPT (ang. Truncated Iterative Stochastic Perturbation Technique) pozwala na śledzenie lokalnych (gwałtownych) zmian wartości miarodajnych charakterystyk.

Rozdział 5 nie budzi zastrzeżeń. Warto podkreślić osiągnięcie Doktoranta w postaci: wykazania luki w normach, gdzie brak jest wymagań dotyczących wartości modułu Younga; wykazania iż dokładność metody FORM jest wystarczająca dla przypadków praktycznych; oraz wykazania iż dla wybranych konstrukcji (kopuły prętowe) zbyt mało rygorystyczne stosowanie ograniczeń stanów granicznych może skutkować brakiem możliwości spełnienia kryterium niezawodności (nawet przy współczynniku wariancji dążącym do zera).

Podsumowanie pracy jest zgodne z uzyskanymi rezultatami, a wyznaczone kierunki dalszego rozwoju pozwalają stwierdzić, iż tematyka badawcza omawiana w rozprawie może być kontynuowana i rozwijana.

3.2.3. Uwagi szczegółowe

- numeracja stron winna być skorygowana – strona tytułowa, strona z podziękowaniami oraz spis treści to również część składowa rozprawy doktorskiej;
- w wielu miejscach rozprawy używane są niepoprawne (tłumaczenia zapewne z języka angielskiego) zwroty, np. kalkulacja (s. 5,7), determinacja (s. 34), generacja obciążenia (s. 115);
- s. 6 i 81 jest „współczynnik modułu Younga”, winno być „moduł Younga”;
- s. 33 „formy drgań”, winno być „postacie drgań”;
- dlaczego we wzorach (2.21-2.22) stosuje się oznaczenie przybliżony „ \approx ”;
- w wielu miejscach niepoprawnie stosuje się zwrot ‘ilość’, gdzie winno być ‘liczba’ np. s. 37, Tablica 4.8., 4.10;
- s. 37 „W [172] użyto ponadto metoda perturbacji” winno być „W [172] użyto ponadto metodę perturbacji”;¹²

- nie w każdym przypadku określono precyzyjnie skąd odczytywano dane np. s 84 „Maksymalne ugięcia (Rysunek 4.22) odczytano” – przy czym „Rysunek 4.22” nie daje odpowiedzi „skąd”;
- jak wyliczane są naprężenia zredukowane?;
- w wielu miejscach nie zaznaczono, iż ω to 1 częstość własna np. Tablica 4.9 (pojawia się to co prawda w spisie oznaczeń, niemniej winno to się również podkreślać w tekście) np. s. 130;
- w schemacie na rys. 4.32 brakuje zaznaczenia metody MPA.

3.3. Podsumowanie

Opiniowana rozprawa doktorska w pełni zasługuje na pozytywną ocenę, w tym wyróżnienie. Formułowane uwagi krytyczne (główne i szczegółowe) nie umniejszają wartości naukowej pracy, a mają na celu podniesienie szczegółowości wypowiedzi. Kandydat osiąga w rozprawie oryginalne rezultaty, które mogą stanowić bazę do dalszego rozwoju naukowego. Ponadto, styl pisania pracy wskazuje na dojrzałość naukową Doktoranta, przejawiającą się zwięzłością i przejrzystością wywodu, co jest możliwe tylko dzięki dokonanej syntezie istniejącego stanu wiedzy, w ramach tematyki przedmiotowej rozprawy.

4. Wniosek końcowy

Stwierdzam, iż rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Pokusińskiego pt. „*Niezawodność wybranych stalowych konstrukcji prętowych typu diagrid*” stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego, a Kandydat wykazał ogólną wiedzę teoretyczną z zakresu analizy niezawodności konstrukcji stalowych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W związku z powyższym uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Pokusińskiego pt. „*Niezawodność wybranych stalowych konstrukcji prętowych typu diagrid*” spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595, z póź. zm.) i wnioskuje o jej przyjęcie przez Radę ds. Stopni Naukowych Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej i dopuszczenie jej do publicznej

obrony. Ponadto, mając na uwadze argumentację z punktu 3.2 i 3.3 niniejszej recenzji, wnoszę o wyróżnienie przedmiotowej rozprawy.

Agnieszka Jurek