



Politechnika Łódzka

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

prof. dr hab. inż. Zbigniew Kołakowski

E-mail: zbigniew.kolakowski@p.lodz.pl

Łódź, 10.12.2022 r.

Recenzja

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Kutrowskiego
pt. „Stateczność i drgania własne kolumn poddanych obciążeniu ściskającemu oraz
działaniu lokalnego źródła ciepła”**

Podstawą do opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Kierownika Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej (znak R-WIMil-510-12/18) z dnia 11 listopada 2022 r.

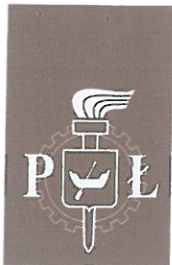
1. Omówienie pracy

Przedmiotem przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej są stateczność i nieliniowe drgania własne kolumn poddanych mechaniczno-ciepłym obciążeniom konserwatywnym i niekonserwatywnym.

Omawiana praca składa się z dziewięciu rozdziałów, bibliografii, streszczeń w języku polskim i angielskim, wykazu oznaczeń oraz załącznika. Liczy ona 182 strony tekstu. W rozdziale pierwszym dokonano wprowadzenia do tematyki rozprawy. W kolejnym rozdziale przedstawiono cel naukowy, tezę i zakres pracy. W rozdziale trzecim omówiono rodzaje obciążeń układów smukłych oraz dokonano obszernego przeglądu literatury dotyczącego stateczności i drgań kolumn poddanych ściskaniu i obciążeniom cieplnym. W rozdziale czwartym rozwiązano zagadnienie brzegowo-początkowe przepływu ciepła w kolumnie wykorzystując równanie Fouriera i warunek brzegowy Neumanna. Przyjęto, że strumień ciepła ogrzewa kolumnę równomiernie na całym obwodzie i części jej wysokości. Zagadnienie rozwiązano autorskim programem bazującym na metodzie elementów skończonych (MES), co umożliwiło wyznaczenie dyskretnych rozkładów temperatury i uwzględnienie jej wpływu na zmiany własności materiałowych na długości kolumn w zależności od czasu działania źródła ciepła. Otrzymane wyniki zostały wykorzystane w dalszej części pracy do analizy stateczności i drgań własnych kolumn.

W rozdziale piątym wykorzystując zasadę Hamiltona sformułowano problem stateczności i drgań własnych kolumn w ramach teorii Bernoulliego-Eulera oraz nieliniowej relacji pomiędzy odkształceniem i ugięciem. Do rozwiązywania nieliniowego zagadnienia wykorzystano metodę małego parametru amplitudy drgań. Pozwoliło to na analizę wpływu sił bezwładności wzdłużnej elementu masowego obciążającego układ na nieliniowe drgania własne. Rozwiązanie ograniczono do pierwszej nieliniowej składowej częstości drgań własnych.

W kolejnym najbardziej obszernym rozdziale przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych. Po ustaleniu wymaganej liczby segmentów, na które podzielona jest kolumna ze względu na przewodzenie ciepła przedstawiono wszechstronną analizę wpływu różnorodnych parametrów układu dotyczącą stateczności kolumn z



Politechnika Łódzka

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

uwzględnieniem obciążeń mechaniczno-ciepłych oraz nieliniowych częstości drgań własnych. Zwrócono uwagę, że ze wzrostem sztywności sprężyny wzdłużnej w analizie drgań może pojawić się punkt przecięcia krzywych charakterystycznych. W rozdziale siódmym omówiono zaprojektowane stanowisko badawcze wraz z układem pomiarowym i układem realizującym obciążenie cieplne. Doktorant przeprowadził badania doświadczalne mające na celu weryfikację opracowanego modelu analitycznego. Uzyskano zadawalającą zgodność wyników obliczeń z wynikami eksperymentalnymi. Rozdziały szósty i siódmy stanowią o wysokim poziomie rozprawy.

W rozdziale ósmym przedstawiono wnioski wynikające z rozprawy doktorskiej, a w kolejnym rozdziale dokonano krótkiego podsumowania. Spis literatury obejmuje 154 pozycje, w tym 6 współautorstwa Doktoranta.

2. Ocena pracy

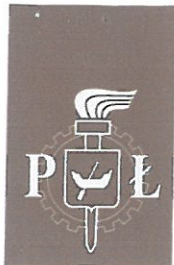
W obliczeniach inżynierskich coraz szerzej uwzględnia się obciążenia mechaniczno-ciepłe i wpływ zmiany temperatury na zmianę właściwości mechanicznych konstrukcji poddanych obciążeniom konserwatywnym i niekonserwatywnym. Szczególnie ważne jest uwzględnienie lokalnego źródła ciepła, jego lokalizacji, intensywności strumienia ciepła i czasu jego oddziaływania na konstrukcje. Konieczność spełnienia wymagań dotyczących bezpieczeństwa i niezawodności wymusza rozwój teorii modelowania coraz bardziej złożonych obciążeń konstrukcji i przeprowadzanie weryfikacyjnych badań eksperymentalnych. Jest to szczególnie ważne w przypadku zagadnień stateczności kolumn podporowych i tłoczyk siłowników hydraulicznych oraz ich drgań własnych przy uwzględnieniu wpływu obciążeń termicznych i sztywności podpór kolumn.

Problematyka podjęta przez Doktoranta jest zatem ważnym zagadnieniem zarówno z punktu widzenia praktyki inżynierskiej, jak i celów poznawczych. Prezentowane w pracy wyniki stanowią ważny i aktualny dorobek badawczy w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Mgr inż. Łukasz Kutrowski posiada ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie mechaniki i stateczności konstrukcji oraz drgań mechanicznych. Potrafi wykorzystać możliwości, jakie stwarzają współczesne techniki eksperymentalne i cyfrowe. Autor postawił sobie jasny cel i samodzielnie rozwiązał oryginalny problem naukowy. Układ pracy jest logiczny, poprawny i bardzo czytelny. Doktorant ma umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

3. Uwagi krytyczne

Przy bardzo pozytywnej ocenie pracy muszę zwrócić uwagę na drobne jej mankamenty:

- Str. 56 – co to jest C_{TOH} i C_{TO} ? Chyba powinno być C_{ROH} i C_{RO} ?
- Na str. 71 stwierdzono „wyższych liczb segmentów”. Lepiej chyba użyć „większych liczb”;
- Na str. 156 napisano, „że otrzymane wyniki (*badania eksperymentalnych*) są zadawalające i potwierdzają poprawność przedstawionych modeli obliczeniowych”.



Politechnika Łódzka

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

Odbiega to od stwierdzenia na str. 4 „Uzyskano dobrą zbieżność wyników obliczeń numerycznych oraz badań eksperymentalnych”.

4. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Kutrowskiego pt. „Stateczność i drgania własne kolumn poddanych obciążeniu ściskającemu oraz działaniu lokalnego źródła ciepła” odpowiada warunkom stawianym przez Ustawę, wraz z późniejszymi zmianami, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595) rozprawom doktorskim w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna i na tej podstawie **stawiam wniosek o przyjęcie i dopuszczenie pracy mgr inż. Łukasza Kutrowskiego do publicznej obrony.**

Kutrowski