

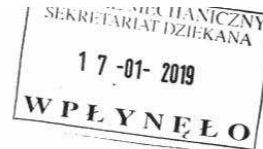


Politechnika Łódzka

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

prof. dr hab. inż. Zbigniew Kołakowski

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



Łódź, 09.01.2019 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jarosława Gawryluka

pt. „Wirujące struktury kompozytowe o sterowalnych właściwościach mechanicznych”

Podstawą do opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej (WM/551/2018) z dnia 27 grudnia 2018 r.

1. Omówienie pracy

Przedmiotem przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej są wirujące kompozytowe belki z naklejonymi aktywatorami do sterowania dynamiką wirujących struktur poprzez zmianę ich właściwości mechanicznych.

Omawiana praca składa się z sześciu rozdziałów, literatury, załącznika, streszczenia w języku polskim i angielskim. Cała rozprawa liczy 112 stron.

Rozdział pierwszy zawiera wprowadzenie w tematykę materiałów piezoelektrycznych, przegląd literatury dotyczący aktywnych struktur belkowych, dynamiki wirujących belek oraz wykorzystania układów aktywnych do procesu sterowania dynamiką belek. W części końcowej rozdziału omówiono struktury wykonane z materiałów inteligentnych używane do sterowania właściwościami mechanicznymi. W kolejnym rozdziale omówiono cel i zakres pracy. W rozdziale trzecim przedstawiono podstawy teoretyczne modelowania belek laminowanych.

W kolejnym rozdziale Doktorant przedstawił symulacje numeryczne kompozytowych struktur belkowych z aktuatorami korzystając z pakietu metody elementów skończonych – Abaqus. Trzy pierwsze podrozdziały dotyczą opracowania teoretycznych modeli belek wspornikowych typu bimorph i hybrydowego oraz walidacji tych modeli metodą elementów skończonych MES. W czwartym podrozdziale przedstawiono uproszczony model elementu aktywnego MFC, a wykonane badania eksperymentalne potwierdziły dobrą zgodność z zaproponowanym modelem numerycznym. Dwa następne podrozdziały prezentują model wirnika z jedną i trzema belkami/łopatami wraz z piastą, uchwytami i elementami aktywnymi MFC. W następnym podrozdziale analizowano numerycznie dynamikę belek z różnymi wymuszeniami oraz dokonano weryfikacji obliczeń numerycznych badaniami doświadczalnymi. W ostatnim podrozdziale porównano wyniki obliczeń numerycznych z wynikami eksperymentalnymi dla układów sterowania dynamiką belki kompozytovej z wymuszeniem siłą skupioną.

W rozdziale piątym prowadzono doświadczalną analizę modalną nieruchomego trójplátowego układu i jednoplátowego wirnika z elementami MFC wykorzystując dwie metody pomiarowe: kontaktową i bezkontaktową. W obliczeniach uzyskano liniowe i nieliniowe krzywe rezonansowe. Eksperymentalnie przetestowano także aktywne sterowanie drgających belek oraz wpływ prędkości obrotowej na dynamikę wirnika. Ze względu na wykonane w szerokim zakresie badania doświadczalne rozdziały czwarty i piąty stanowią o wysokim poziomie pracy.

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji
90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 1/15, budynek A22
tel. 42 631 22 14, fax 42 631 24 28, e-mail: k-12@adm.p.lodz.pl,
www.mechaniczny.p.lodz.pl, www.p.lodz.pl





Politechnika Łódzka

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

Rozdział szósty poświęcony jest podsumowaniu rozprawy doktorskiej. Rozprawę kończy: spis rysunków i tabel, bibliografia licząca 115 pozycji oraz wykaz publikacji powstałych podczas realizacji rozprawy doktorskiej.

2. Ocena pracy

Belki są podstawowym elementem konstrukcji przenoszącym obciążenia głównie poprzez zginanie. Cienkościenne belki umożliwiają przenoszenia stosunkowo dużych obciążeń statycznych i dynamicznych. Wirujące belki najczęściej wykonane z materiałów kompozytowych są stosowane jako wirniki nośne śmigłowców. W zastosowaniach inżynierskich coraz szerzej wykorzystywane są także konstrukcje z elementami piezoelektrycznymi tzw. konstrukcje inteligentne. Przyjmuje się, że struktury inteligentne wykazują autonomię, która pozwala na adaptację zachowania struktury w zależności od jej stanu oraz wpływu czynników zewnętrznych. Aby uzyskać ten efekt, konstrukcje inteligentne są wyposażone w szereg elementów aktywnych, które rejestrują stan zachowania konstrukcji (tzw. sensory) oraz wprowadzają ewentualne zmiany w konstrukcji (tzw. aktuatory). Konieczność spełnienia wymagań dotyczących bezpieczeństwa i niezawodności wymusza rozwój teorii modelowania konstrukcji inteligentnych, w tym z piezoelektrykami MFC. Umożliwia to projektowanie nowych struktur dla złożonych parametrów obciążenia i warunków eksploatacji. W obecnej dobie inżynierowie - projektanci i konstruktorzy powinni umieć wykorzystywać wiedzę o nowoczesnych materiałach konstrukcyjnych i „rozumieć” specyfikę pracy takich konstrukcji. Dotyczy to szczególnie bardzo ważnych wirujących elementów nośnych śmigłowców.

Problematyka podjęta przez Doktoranta jest zatem ważnym zagadnieniem zarówno z punktu widzenia praktyki inżynierskiej, jak i celów poznawczych.

Mgr inż. Jarosław Gawryluk przeprowadził ocenę zmian charakterystyk statycznych i dynamicznych wirujących układów belkowych z piezoceramicznymi układami MFC, wskazując na możliwość zastosowania aktuacji piezoelektrycznej do sterowania własnościami mechanicznymi belek. Przeprowadził badania doświadczalne mające na celu weryfikację modelu matematycznego i wyników symulacji numerycznych badanych zjawisk. Doktorant uzyskał dobrą lub zadawalającą zgodność wyników. Wnioski wpływające z pracy mogą być łatwo adoptowane do zastosowań inżynierskich.

Mgr inż. Jarosław Gawryluk posiada ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie mechaniki konstrukcji, mechaniki ciał odkształcalnych i potrafi wykorzystać możliwości, jakie stwarzają współczesne techniki eksperymentalne. Autor postawił sobie jasny cel i samodzielnie rozwiązał oryginalny problem naukowy. Układ pracy jest logiczny, poprawny i czytelny. Doktorant ma umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

3. Uwagi krytyczne i spostrzeżenia

Przy pozytywnej ocenie pracy muszę zwrócić uwagę na główne jej mankamenty:

- Na str. 21 Doktorant wprowadził pojęcia tensorów indukcji elektrycznej, natężenia pola elektrycznego, naprężeń i odkształceń (1.4) z cyfrowymi indeksami, zaś we wzorach (1.9) i (1.10) już literowe. Czy $\epsilon_1 = \epsilon_x$ i $\sigma_1 = \sigma_x$?



Politechnika Łódzka

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

- Na str. 26-28 wprowadzono tensor odkształcenia dla płaskiego stanu naprężenia, zaś w równaniach (3.7) i (3.8) kąt odkształcenia postaciowego γ_{xy} , który nie jest składową tensora. Po co to rozdwojenie zapisu? Równania (3.14) nie są zapisane w rachunku tensorowym.
- Na str. 29 w równaniach wprowadzono górną i dolną granicę całkowania bez podania czemu się równają.
- Na str. 30 błędnie zapisano „ z_n jest to odległość ...”.
- Na str. 31 w równaniach (3.30) pominięto sztywność sprzężeń B_{11} – dlaczego?
- Równania (3.37) i (3.38) otrzymamy z (3.36) jedynie, gdy $(u'(x,t))^2 = 0$.
- Na str. 32 nazwa metody powinna być Galernika-Bubnova.
- Co w równaniach (3.56) i (3.64) oznacza λ ?
- Jaka jest relacja pomiędzy równaniami (3.61), (3.62) i (3.63)? Co oznacza „Rozwiązanie powyższej funkcji ...”? Jakiej funkcji, jakiego argumentu, bo na rys. 3.6 też brak oznaczeń osi?
- Co w równaniu (3.67) oznacza ω ?
- Na str. 39 wprowadzono oznaczenie $w_0 = z$, a przecież z to wcześniejsze oznaczenie osi (np. 3.1, 3.2, 3.4, 4.7, 4.16, 4.17) i odległość (3.19).
- Na str. 40 stwierdzono, że „uzyskano rozbieżność wyników na poziomie 21%”. Przecież model numeryczny MES powinien dawać wyniki bliskie wynikom analitycznym?
- Czy w równaniu (4.1) wielkość momentu gnącego M_y jest stała?
- W równaniu (4.2) błędnie zapisano wielkość współczynnika liczbowego. Zamiast 4 powinno być 6.
- Na str. 43 w tekście pojawia się oznaczenie λ jako “postać drgań własnych”. To jest częstość drgań własnych, a nie postać!
- Czy w tabelach 4.1 i 4.4 oznaczenia indeksowe 1, 2, 3 pokrywają się z x, y, z ?
- W tabeli 4.8 dla aluminium powinno być $G=25,9$ MPa.

4. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Jarosława Gawryłuka pt. „Wirujące struktury kompozytowe o sterowalnych właściwościach mechanicznych” odpowiada warunkom stawianym przez Ustawę 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 z późn. zm.) rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk technicznych i dyscyplinie mechanika. **Na tej podstawie stawiam wniosek o przyjęcie i dopuszczenie pracy mgr. inż. Jarosława Gawryłuka do publicznej obrony.**