

Dr hab. Tomasz Stręk, prof. uczelni
Instytut Mechaniki Stosowanej
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska

**OPINIA PROMOTORA W POSTĘPOWANIU DOKTORSKIM
MGR. INŻ. BARTŁOMIEJA BURLAGI**

ZŁOŻENIE ROZPRAWY I POWOŁANIE KOMISJI DOKTORSKIEJ

Temat rozprawy: „Analiza właściwości mechanicznych struktur auksetycznych przy obciążeniach dynamicznych”

Promotor: dr hab. Tomasz Stręk, prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr inż. Paweł Fritzkowski

Mgr inż. Bartłomiej Burlaga doktorantem studiów doktoranckich na Wydziale Inżynierii Mechanicznej (do 2020 Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania) Politechniki Poznańskiej został 1 października 2017 roku. Doktorant ukończył studia pierwszego i drugiego stopnia na kierunku Inżynieria Biomedyczna. Bronione prace dotyczyły symulacji metodami elementów skończonych przepływu krwi przez układ krwionośny. Studia zakończone były oceną bardzo dobrą. W trakcie ich trwania był aktywnym członkiem Koła Naukowego Inżynierii Wirtualnej Projektowania. Obecnie jest pracownikiem Instytutu Mechaniki Stosowanej w Zakładzie Inżynierii Wirtualnej na stanowisku asystenta dydaktycznego.

Postępowanie w sprawie nadania stopnia naukowego doktora mgr. inż. Bartłomiejowi Burladze zostało wszczęte uchwałą Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej w dniu 31.5.2021 roku (posiedzeniu odbyło się w dniu 28.5.2021 r.).

W swojej pracy badawczej w ramach realizacji rozprawy doktorskiej zajmuje się modelowaniem, symulacją i analizą struktur o ujemnym współczynniku Poissona. Głównym obszarem zainteresowań naukowych są odkształcenia wywoływane działaniem obciążeń dynamicznych. Wyniki porównywane są z wynikami badań materiałów konwencjonalnych.

Dotychczas doktorant opublikował (był współautorem) 4 publikacji w czasopiśmie: *Materials* (2022), *Vibrations in Physical Systems* (2020), *Biomedical Signal Processing and Control* (2021) oraz *Innovations in Biomedical Engineering* (2020). Uczestniczył również w 3 konferencjach naukowych: *Auxetics* (2018, 2019) oraz *International Conference on Multifunctional Cellular Materials* (2019). Uczestniczył również w pracach zespołów prowadzących badania w ramach zadań badawczych DSMK i DSPB na WBMiZ (lata 2017-2019) oraz SBAD i SBAD młodzi naukowcy (2020-2024).

W przeprowadzonych badaniach doktorant analizował odkształcenie struktur auksetycznych w wyniku uderzenia (zagadnienie typu *impact*). Wyniki wykazały dużą zdolność tych struktur do dyssypacji energii i zostały przedstawione na konferencji *Auxetics*. Kolejne badania skupiły się na optymalizacji znanych struktur wykazujących charakter auksetyczny. W zagadnieniach optymalizacyjnych wykorzystana została metoda SIMP, a przyjętą funkcją celu było otrzymanie odkształceń nie większych od odkształceń struktury wyjściowej przy jednoczesnej redukcji masy układu (ograniczenie). W rezultacie uzyskano nowe struktury przestrzenne i dowiedziono, że obecnie znane struktury auksetyczne nie są optymalne. Uzyskane struktury zostały poddane analizie przy obciążeniach dynamicznych i wykazano ich większą wytrzymałość oraz przesunięcie ku wyższym wartości częstotliwości własnych.

Dalsze badania prowadzone przez doktoranta skupiły się na analizie zachowania elementów wykonanych z materiału auksetycznego podczas opływu płynu wokół niego. Doktorant wykazał, że analizowane materiały charakteryzują się pożądanymi właściwościami tłumiącymi. Wyniki dokonanych przez doktoranta obliczeń wykazały

prawie czterokrotną redukcję amplitud przemieszczenia w porównaniu z materiałami o dodatnim współczynniku Poissona i zostały opublikowane w *Vibrations in Physical Systems*.

W kolejnych badaniach doktorant wykazał, że użycie w łączniku między piastą a wieńcem koła zębatego struktur auksetycznych redukuje drgania. Przeprowadzone symulacje i wyniki numeryczne pozwoliły sformułować tezę, że zastosowanie struktur auksetycznych znacząco zmniejsza amplitudę wibracji wywołanych przyłożeniem obciążenia oraz skraca ich czas trwania.

Rozprawa doktorska składa się z 9 rozdziałów, spisu literatury, streszczeń w języku polskim i angielskim. Spis literatury liczy ponad 140 pozycji publikacji, książek, patentów i innych wydawnictw.

Najważniejsze rezultaty prac badawczych doktorant przedstawił w rozdziałach od 5 do 8 a ich podsumowanie i wnioski w rozdziale 9.

W rozdziale piątym przeprowadzono analizę oddziaływania siły pionowej na różne struktury pierścieniowe. Wykazano, że zmiana współczynnika Poisson'a na bardziej ujemny dla jednorodnego wypełnienia struktury, pozwala na uzyskanie mniejszej wartości amplitudy drgań przy tej samej częstotliwości niż dla wypełnień o dodatnich współczynnikach. Ponadto dla pewnych wartości grubości żeber, struktury z komórkami w kształcie „re-entrant” (wkłęsniętego plastra miodu) wykazują globalnie niższe amplitudy drgań własnych, a zmiana grubości powoduje zmianę częstości własnej.

Przedstawione w rozdziale szóstym badania miały na celu poznanie zachowania struktur przy obciążeniu siłą wzdłużną. Dla wariantu z jednorodnym wypełnieniem udowodniono, że wartości amplitud była zbliżona dla obu rodzajów struktur, jednak zauważalne było podniesienie częstości własnej obiektu wraz ze spadkiem wartości współczynnika Poisson'a.

Rozdział siódmy opisuje przeprowadzone analizy odpowiedzi struktur pierścieniowych na wymuszenia zewnętrzne w postaci momentu siły. W wariacie jednorodnego wypełnienia wykazano, że dla silnie ujemnych wartości współczynnika Poisson'a, amplituda była znacząco niższa, a częstość rezonansowa była poza badanym zakresem.

Badania opisane w rozdziale ósmym polegały na zbadaniu zachowania struktury pierścieniowej przy uderzeniu. Wykazano, że struktury z komórkami w kształcie „re-entrant” są bardziej podatne od struktur w kształcie plastra miodu, jednak absorbują większą ilość energii uderzenia.

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych symulacji struktur pierścieniowych udowadniają, że cele pracy (z podrozdziału 1.3) zostały osiągnięte oraz że teza postawiona we wstępie pracy w podrozdziale 1.4 jest prawdziwa. Struktury pierścieniowe z komórkami re-entrant wykazują lepsze właściwości tłumiące drgania różnego typu w porównaniu do struktury z komórkami w kształcie plastra miodu, ale tylko w określonych konfiguracjach. Drugi wniosek ogólny, można sformułować następujący: struktury auksetyczne wykazują wyższe zdolności odbierania energii uderzenia niż struktury z komórkami o kształcie sześciokąta foremnego/plastra miodu. Celem weryfikacji możliwości wykonania opisywanych struktur zastosowano metodę druku przestrzennego z tworzyw termoplastycznych.

Biorąc pod uwagę tematykę rozprawy oraz przeprowadzoną przez doktoranta analizę teoretyczną oraz numeryczną badanych zagadnień osiągnięcia doktoranta oceniam dobrze. Mgr inż. Bartłomiej Burlaga poprawnie podszedł do postawionego problemu naukowego. Pozwoliło to na uzyskanie wartościowych wyników opatrzonych odpowiednimi wnioskami, które stanowią oryginalny wkład w rozwój inżynierii mechanicznej. Teza rozprawy została potwierdzona a cele osiągnięte.

Działając na podstawie stosownych aktów prawnych - art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.), art. 14 ust. 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) oraz § 3 ust. 1 pkt 1 lit. b) i c), ust. 1 pkt 2 a także § 3 ust. 2 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 poz. 261) - przyjąłem niniejszą rozprawę doktorską oraz zwracam się do Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Z poważaniem
Tomasz Stręk

Poznań, dnia 15 maja 2024 r.

Postępowanie w sprawie nadania stopnia naukowego doktora mgr. inż. Bartłomiejowi Burladze

**„Analiza właściwości mechanicznych struktur auksetycznych
przy obciążeniach dynamicznych”**

promotor: dr hab. Tomasz Stręk, prof. uczelni

promotor pomocniczy: dr inż. Paweł Fritzkowski

Proponowany skład Komisji Doktorskiej do przyjęcia rozprawy doktorskiej, jej dopuszczenia do publicznej obrony oraz przyjęcia obrony rozprawy doktorskiej:

1. dr hab. inż. Hubert Jopek – przewodniczący
2. prof. dr hab. inż. Piotr Krawiec
3. prof. dr hab. inż. Michał Nowak
4. dr hab. inż. Dorota Czarnecka-Komorowska, prof. uczelni
5. dr hab. inż. Małgorzata Jankowska
6. dr hab. inż. Witold Stankiewicz
7. dr hab. inż. Maciej Tabaszewski
8. dr hab. Tomasz Stręk, prof. uczelni – promotor
9. dr inż. Paweł Fritzkowski – promotor pomocniczy
10. recenzent 1 – wyznaczony przez RD w terminie późniejszym
11. recenzent 2 – wyznaczony przez RD w terminie późniejszym
12. recenzent 3 – wyznaczony przez RD w terminie późniejszym

Stręk T.

