

dr hab. inż. Grzegorz Klekot, prof. uczelni
Politechnika Warszawska
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

Warszawa, 12.01.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Ramesha Kumpati

pt. „Optimization method for ultralight aerial composite structures”

(„Metoda optymalizacji ultralekkich lotniczych struktur kompozytowych”)

Podstawy formalne opracowania recenzji:

Recenzję pracy doktorskiej mgr. inż. Ramesha Kumpati opracowano zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dnia 23 października 2024 roku.

1. Uwagi o wyborze tematyki pracy

Materiały kompozytowe znajdują coraz szersze zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Zwraca uwagę rosnący udział elementów z takich materiałów we współczesnych maszynach; wielowarstwowe profile kompozytowe budzą ogromne zainteresowanie konstruktorów. W szczególności dotyczy to konstrukcji lotniczych, gdzie ważna jest lekkość i wytrzymałość, a koszty produkcji nie są kryterium decydującym.

Ekologia stawiająca postulat redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz konieczność zapewnienia wysokiej efektywności energetycznej wymuszają projektowanie ultralekkich wytrzymałych struktur, które zagwarantują niezawodność i bezpieczeństwo eksploatacji. Ogromne znaczenie ma kształtowanie elementów

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 13.01.2025
RDJMe 151512025
nr zał.

ukierunkowane na minimalizowanie koncentracji naprężeń inicjujących procesy zmęczeniowe.

Biorąc pod uwagę powyższe uważam, że tematyka pracy jest aktualna, a badania nad optymalizacją lekkich struktur kompozytowych na potrzeby konstruowania bezzałogowych statków powietrznych mają znaczenie użytkowe i naukowe.

2. Charakterystyka pracy

Przedstawiona do oceny praca liczy 173 strony. Główna część merytoryczna zawiera 140 stron tekstu łącznie z rysunkami i tabelami. Resztę stanowią: licząca 160 pozycji bibliografia, strona tytułowa, spis treści, lista akronimów i symboli, lista rysunków, lista tabel, oraz streszczenia w języku angielskim i polskim.

W pierwszym rozdziale zatytułowanym „Wprowadzenie” Autor przedstawia zastosowania materiałów kompozytowych, cel i zakres rozprawy, oraz własne publikacje naukowe związane z tematyką pracy.

Rozdział drugi opracowany na podstawie przeglądu literatury zawiera informacje dotyczące metod optymalizacji, zjawiska wyboczenia, znaczenia parametrów konstrukcyjnych i materiałowych dla własności mechanicznych kompozytów, oraz elementy teorii płyty z wielowarstwowego laminatu.

W trzecim rozdziale Doktorant zaprezentował propozycję modelowania laminatów wielowarstwowych oraz elementy metodyki optymalizacji konstrukcji kompozytowych; rozdział ten ma znaczenie kluczowe dla rozprawy. Rozważania wykorzystano do wyboru optymalnych rozwiązań trzech rodzajów przykładowych struktur kompozytowych – co zostało opisane w dwóch kolejnych rozdziałach.

Zagadnieniom wytwarzania kompozytów z włóknami naturalnymi oraz problematyce eksperymentalnej weryfikacji własności mechanicznych dla optymalizowanych struktur poświęcony jest rozdział szósty. Przygotowanie próbek oraz badania z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej uważam za istotną część pracy.

Tytuł „Wyniki i dyskusja” odzwierciedla zawartość rozdziału siódmego. Przedstawiono między innymi rezultaty obliczeń metodą elementów skończonych oraz mikroskopowe obrazy powierzchni próbek uszkodzonych podczas testów wytrzymałościowych. Podczas obliczeń uwzględniono kilka różnych wariantów struktur kompozytowych, w tym z warstwą fotowoltaiczną. Przedyskutowano przykłady wyboczenia elementów oraz strategię optymalizacji elementów.

Działania przedstawione w pracy oceniam pozytywnie pod względem merytorycznym i metodycznym. Autor zaprezentował interesujące podejście do problematyki konstruowania struktur z materiałów kompozytowych, a osiągnięte rezultaty powinny usprawnić rozwiązywanie konkretnych zadań inżynierskich związanych z projektowaniem ultralekkich statków powietrznych.

4. Szczegółowe uwagi krytyczne

W trakcie czytania pracy nasuwają się następujące pytania i uwagi:

- Jak Doktorant rozumie pojęcie optymalizacji? Dlaczego zrezygnowano z prezentacji przykładu (ilustrującego tytułową metodykę rozprawy) zadania wykonanego zgodnie ze schematami na rysunkach nr. 8b i 27?
- Do czego i w jaki sposób wykorzystano wielokryterialne algorytmy genetyczne (MOGAs)? Co jest przykładem użycia takiego algorytmu do rozwiązywania zadania optymalizacyjnego?
- Jakie własności analizowanych struktur ilustrują przebiegi zmian odkształcenia w funkcji czasu (rysunek 52)? Jakie znaczenie dla prowadzonych analiz mają te wykresy?
- Czy wartość modułu E_2 (4.44 GPa, strona 77) jest poprawna, czy nie popełniono pomyłki obliczeniowej?
- Niezbyt staranna forma redakcyjna rozprawy jest źródłem błędów merytorycznych: w tabelach 5, 6, 7 wartości bezwymiarowej liczby Poissona wyrażono w jednostkach naprężenia (GPa); te same jednostki dotyczą wartości liczbowych podanych w wierszu „ciężar” (tabela 5).
- Na czym polega metodologia optymalizacji struktury warstwowej zilustrowana rysunkiem 50?
- Niewiele uwagi Autor poświęcił kwestiom zachowania spójności pomiarowej podczas badań laboratoryjnych. Jak zrealizowano dobrą praktykę w tym obszarze?
- Dlaczego zrezygnowano z oszacowania niepewności rezultatów badań eksperymentalnych? Czy niepewność pomiarów ma znaczenie dla weryfikacji rozwiązań symulacyjnych?

Podsumowanie uzyskanych efektów oraz perspektywy dalszych badań Autor przedstawił w ostatnim, ósmym rozdziale.

3. Ocena pracy

Przedstawiony przegląd literaturowy odzwierciedla aktualny stan wiedzy, nawiązuje do dotychczasowych badań związanych z problematyką rozprawy prowadzonych w ośrodkach zagranicznych i krajowych. Pomimo szeregu błędów redakcyjnych i edytorskich uważam wybór literatury przedstawiony przez Autora za trafny, a sposób cytowania za generalnie poprawny, świadczący o umiejętności posługiwania się materiałem bibliograficznym. Podkreślić należy własny dorobek publikacyjny Doktoranta związany z problematyką rozprawy obejmujący 5 współautorskich artykułów w uznanych czasopismach naukowych oraz 5 rozdziałów w monografiach. Autor jako cel rozprawy wskazał „optymalizację konstrukcji kompozytowych dla zwiększenia nośności i stateczności, szczególnie w konstrukcji bezzałogowych statków powietrznych”. Osiągnięcie tak sformułowanego celu wymagało opracowania strategii adekwatnej dla optymalizacji lekkich struktur kompozytowych. Doktorant przeanalizował wybrane aspekty procesów optymalizacyjnych przy uwzględnieniu modelowania własności mechanicznych płyt laminowanych ze wzmocnieniami syntetycznymi i naturalnymi o różnych kierunkach ułożenia włókien i na tej podstawie zaproponował procedurę postępowania wykorzystującą wielokryterialne algorytmy genetyczne.

Rozważania zilustrowane zostały przykładami elementów struktur kompozytowych projektowanych według opracowanej strategii, których konstrukcję optymalizowano przy wykorzystaniu obliczeń metodą elementów skończonych. Interesującym aspektem działań zrealizowanych w ramach weryfikacji poprawności metodyki było wykonanie próbek naturalnych i hybrydowych materiałów kompozytowych, których własności mechaniczne zbadano maszyną wytrzymałościową.

Praca została zakończona poprawnym podsumowaniem i wskazaniem kierunków rozwojowych; zaakcentowano użyteczność opracowanej metodyki do kształtowania właściwości warstw materiału i całej struktury.

Zrealizowano cel pracy, a opracowana metodyka ma znaczenie użytkowe, stanowiąc wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna.

5. Uwagi o stronie edytorskiej rozprawy

Praca pod względem edytorskim nie została opracowana zbyt starannie, zwracają uwagę liczne błędy redakcyjne. Pobieżnie zintegrowano wcześniej opracowane fragmenty – co poskutkowało niepełną konsekwencją numeracji wzorów, powołaniami w tekście niewłaściwych numerów rysunków lub tabel oraz niektórych pozycji literaturowych. Niewielki rozmiar czcionki poważnie utrudnia interpretację części rysunków, a użyteczność wykazu akronimów i symboli jest niewielka ze względu na niekompletność listy.

Poniżej kilka przykładów pomyłek nie wyeliminowanych podczas prac redakcyjnych.

- Spis treści, strona 3 – tytuł rozdziału 7 inny niż na stronie 99;
- Spis rysunków, strona 6 – błędna numeracja stron dla rysunków 35-42;
- Spis tabel strona 9 – błędna numeracja tabel 14, 15, 16; nie wyeksponowano dwóch tabel o identycznym numerze 17 (w tekście na stronach 95 i 102);
- Strona 40, ostatni akapit – rozszyfrowane symbole nie pokrywają się z symbolami użytymi w zależnościach;
- Strona 65 – opis w tekście rysunku 23b nie odpowiada temu rysunkowi;
- Strona 67, drugi wiersz od góry – błędnie powołany rysunek nr 17;
- Strony 71-73 – pomyłki w numerów powołanych rysunków i odwołań bibliograficznych;
- Strona 76 – niewłaściwe powołanie tabeli 3 jako źródła danych do obliczeń;
- Niezrozumiałe powołanie tabeli 2 (strona 92), błędne odwołanie do tabeli 16 (strona 94), rysunku 42 (strona 95), rysunku 43 (strona 96).

6. Wnioski końcowe

Wymienione przeze mnie uwagi krytyczne nie obniżają pozytywnej całościowej oceny pracy. Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa jest wartościowa pod względem poznawczym i utylitarnym, zawiera nowatorskie spojrzenie na dobór struktur kompozytowych do konstruowania lekkich bezzałogowych statków powietrznych.

Mgr inż. Ramesh Kumpati wykazał się umiejętnością sformułowania i samodzielnego rozwiązania problemu naukowego, jakim jest opracowanie propozycji optymalizacji

struktury i kształtu powłok kompozytowych dla lekkiego bezzałogowego statku powietrznego. Właściwie zaplanował cykl badań symulacyjnych wspartych eksperymentem na próbkach rzeczywistych, oraz wykorzystał uzyskane rezultaty do poprawnego formułowania wniosków. Doktorant wykazał, że ma wystarczający zasób wiedzy teoretycznej i umiejętności praktyczne w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mgr. inż. Ramesha Kumpati „Optimization method for ultralight aerial composite structures” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim przez ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2018 r. poz. 1668 z późn. zm) i może zostać dopuszczona do publicznej obrony.

Prof. G. Klekot`

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)