



Dr hab. inż. Radosław J. Mania, prof. nadzw.

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

Politechnika Łódzka

90-924 Łódź, ul. B. Stefanowskiego 1/15, PL

tel.: +48 (0-42) 636-22-21, sec. +48 (0-42) 631-22-14

e-mail: Radoslaw.Mania@p.lodz.pl

Łódź 21.01.2017 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Lisa

pt. „Stany zaawansowanych deformacji kompozytowych lotniczych struktur cienkościennych w kontekście zastosowań wybranych wariantów usztywnień”

promotor rozprawy: dr hab. inż. Tomasz Kopecki, prof. PRz
promotor pomocniczy dr inż. Przemysław Mazurek

Ocenę opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa, zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Maszyn i Lotnictwa PRz - pismo z dnia 21.21.2017 r..

1. Omówienie pracy

Przedstawiona do mojej oceny rozprawa doktorska zatytułowana **„Stany zaawansowanych deformacji kompozytowych lotniczych struktur cienkościennych w kontekście zastosowań wybranych wariantów usztywnień”** dotyczy problemu kształtowania konstrukcji cienkościennych poprzez dobór usztywnień, w celu obniżenia poziomu deformacji kompozytowych pokryć struktur lotniczych, szczególnie w stanach zakrytycznych. Wyniki pracy mogą posłużyć dla określenia wytycznych dla procesu projektowania półskorupowych pokryć płatowców. Szczególną uwagę w pracy skupiono na trzech ustrojach: mało-wyniosłej powłoce poddanej ścinaniu, skręcanej powłoce walcowej oraz strukturze odwzorowującej ustrój nośny obciążony jednoczesnym skręcaniem i zginaniem. Wybór tematu należy uznać za ciekawy, mający istotne znaczenie praktyczne dla inżynierów konstruktorów nośnych konstrukcji lotniczych. Badanie porównawcze polegające na połączeniu analizy numerycznej z eksperymentem jest obecnie szeroko rozwijaną metodą analizy konstrukcji cienkościennych dającą możliwości racjonalnego kształtowania tych konstrukcji. Prawidłowe oszacowanie ich nośności jest podstawowym zadaniem projektanta w celu zapewnienie i/lub poprawy ich bezpieczeństwa i trwałości.

Doktorant po wprowadzeniu charakteryzującym stosowane materiały kompozytowe i przeglądzie literatury w rozdziale 1.3, przytacza równania klasycznej teorii płyt warstwowych oraz wybrane kryteria zniszczenia materiałów ortotropowych (Rozdział 3). Następnie w rozdziale 4 omawia zagadnienia stateczności konstrukcji cienkościennych. Istotnym fragmentem pracy są rozdziały 5 i 6. W rozdziale 5 autor omawia zastosowane narzędzia badawcze, technologię wykonania modeli, numeryczną metodę obliczeniową oraz system cyfrowej korelacji obrazu Atos użyty do obrazowania pola deformacji w przeprowadzonych przez Autora badaniach modeli. Wyniki badań eksperymentalnych i obliczeń numerycznych zrealizowanych w pakiecie MSC Marc oraz ich wzajemne porównanie zawiera rozdział 6. Pracę kończy lista literatury zawierająca 152 pozycje oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Praca napisana jest na 162 stronach i podzielona jest na siedem rozdziałów numerowanych, plus literatura oraz streszczenia.

2. Oryginalność pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa stanowi autorskie opracowanie Doktoranta w zakresie badania i oceny wytrzymałości cienkościennych konstrukcji powłokowych z warstwowych materiałów kompozytowych. Zawiera wyniki obszernych badań eksperymentalnych na modelach odwzorowujących fragmenty rzeczywistych konstrukcji lotniczych, w których to konstrukcjach Doktorant modyfikuje warianty usztywnień poszycia. Celem jest ocena wpływu tych rozwiązań na poziom deformacji powłoki zwłaszcza w stanie zakrytycznym. Należy podkreślić duży wkład pracy Doktoranta w staranne przygotowanie modeli i sumienne przeprowadzenie ich badań z wykorzystaniem bogatego i nowoczesnego instrumentarium pomiarowego.

Badania te były następnie modelowane w Metodzie Elementów Skończonych w pakiecie MSC Patran, a obliczenia prowadzone były w pakiecie MSC Marc. W pracy zamieszczone są mapy przemieszczeń i naprężeń uzyskane w obliczeniach modeli numerycznych odpowiadających modelem z badań laboratoryjnych.

Ciekawym elementem przeprowadzonej analizy jest badane usztywnienie nazwane przez Autor isogrid, które było swego czasu przedmiotem europejskiego projektu badawczego FP7 Advanced Lattice Structures for Composite Airframes (ALaSCA). Uzyskane wyniki badań dla wszystkich wariantów powłok z tym usztywnieniem dowodzą przewagi tego rozwiązania nad porównywanymi przez Autora usztywnieniami za pomocą żeber oraz tzw. usztywnienia integralnego. Prowadzone obliczenia numeryczne wykazują dobrą zgodność z wynikami eksperymentu w szerokich zakresach obciążenia. Może jednakże dziwić porównanie ścieżek równowagi na rysunku 6.47, gdzie obciążenia z eksperymentu mają większe wartości od uzyskanych w MES.

Stosowana metoda analizy porównawczej, w oparciu o którą Autor weryfikował swoje modele numeryczne pozwoliła na stworzenie wiarygodnych modeli MES umożliwiających badania tego typu konstrukcji dla innych materiałów i obciążeń. Świadczy to o dobrym warsztacie badawczym i obliczeniowym mgr inż. Lisa.

W liście literatury odnalazłem dwie publikacje współautorskie Doktoranta z listy B MNiSzW. Jak na rozległość zrealizowanych badań budzi to pewien niedosyt, gdyż badanie kompozytowych konstrukcji cienkościennych to temat żywy i niezmiernie aktualny.

Zaprezentowane przez Doktoranta wyniki są wartościowe zarówno w zakresie naukowym jak i mają znaczenie praktyczne.

3. Uwagi krytyczne i spostrzeżenia

Obok pozytywnej oceny pracy wyrażonej powyżej, na pozytywną notę zasługuje także ogólna szata graficzna pracy. Praca napisana jest dobrym do lektury językiem (z drobnymi literówkami, interpunkcją), pomimo obecnej w tekście fachowej terminologii z szeroko rozumianej mechaniki. Sprawia także wrażenie zamysłu jej publikacji książkowej.

Muszę jednakże zwrócić uwagę na pewne zapisy w pracy, o których wyjaśnienie proszę jej Autora. Niektóre wymieniam poniżej:

- w kontekście mojej ostatniej uwagi (zamyśłu książkowego) sądzę, że rozdziały 2, 3 i 4 są za obszerne. Można było powołać się na znajdujące się na liście literatury pozycje Jones'a, Reddy'ego czy Morozova i inne, bądź przenieść analitykę do aneksu. Jest to zasadne również wobec faktu, że Autor nie realizował w swojej pracy rozwiązania analitycznego.
- w pracy nie ma tezy. Wprawdzie na stronie 31 mowa jest o celu pracy, nie jest to tożsame z celem naukowym jakemu służy rozprawa doktorska.
- w rozdziale 3.5 Doktorant akcentuje istotne różnice w ocenie wytrzymałości materiałów izotropowych i ortotropowych, pisząc, że w przypadku tych ostatnich nie posługujemy się hipotezami wytrzymałościowymi a kryteriami zniszczenia, by w podpisach pod kilkoma rysunkami - począwszy od rysunku 6.15, mówić o rozkładzie naprężeń zredukowanych σ_{max} . Jeśli tak to według jakiej formuły obliczanych? Z kolei omawiane w rozdziale 3.5 kryteria zniszczenia nie znajdują w pracy żadnego widocznego zastosowania. Wydaje się, że właśnie one powinny posłużyć do oceny stanu wyężenia w obszarze około krytycznym i zakrytycznym. Tym bardziej, że na stronie 114 Autor pisze: *'W przypadku pokryć kompozytowych zachodzi poważna obawa, że przy tak dużych odkształceniach może dochodzić do lokalnych uszkodzeń struktury kompozytu...'* - pisze, a jednak tego nie analizuje.

- w rozdziale 5 w miejsce przytaczania opisów elementów skończonych bardziej zasadna byłaby szersza informacja o modelu numerycznym, przyjętych warunkach brzegowych, wprowadzonych modelach materiałów, modelowaniu usztywnień, etc. Na stronie 102 jest jedynie lakoniczna informacja, że *'modele materiałów sporządzano uwzględniając właściwości mechaniczne kompozytów zawarte w tabeli 5.1'*.
- na stronie 148 mowa jest o wartościach naprężeń w MPa, ale bez podania o jakie naprężenia chodzi.
- w liście 152 pozycji literatury 54 tytuły nie znajdują odniesienia w tekście.

4. Wniosek końcowy

Recenzowana praca zawiera wartościowe wyniki badań eksperymentalnych i stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe Autora. Zastosowane podejście badawcze i numeryczne pozwoliło na zbadanie wpływu i efektywności porównywanych wersji usztywnień na redukcję deformacji pokryw modeli struktur lotniczych – szczególnie w stanie po utracie stateczności. Uzyskane wyniki pozwoliły na weryfikację przyjętego modelu MES pod kątem jego dalszych aplikacji w praktyce. Doktorant samodzielnie rozwiązał problem naukowy - trafnie dobrany, o aktualnym znaczeniu, co potwierdza Jego wiedzę z zakresu mechaniki materiałów oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia badań.

Biorąc zatem pod uwagę całość pracy stwierdzam, że mgr inż. Tomasz Lis spełnia wymogi Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym z dn.14.03.2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zm.) stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie BUDOWA I EKSPLOATACJA MASZYN. **Na tej podstawie stawiam wniosek o przyjęcie i dopuszczenie pracy mgr inż. Tomasza Lisa do publicznej obrony.**

