

prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK
Instytut Techniki Lotniczej
Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa
Wojskowa Akademia Techniczna

Warszawa, dn. 01.10.2022 r.

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Mariusza KOWALSKIEGO

**p.t.: „Badania i optymalizacja struktury nośnej kadłuba 2-silnikowego samolotu
pasażerskiego z napędem hybrydowym”.**

Temat rozprawy doktorskiej należy do priorytetowych kierunków badań podejmowanych obecnie w Unii Europejskiej i jest zgodny z dokumentem Flightpath 2050. Rozprawa skupiła się na badaniu i optymalizacji struktury nośnej kadłuba samolotu pasażerskiego klasy A330 zaprojektowanego zgodnie z technologią spodziewaną do praktycznego wykorzystania w roku 2035. Według analiz i prognoz do roku 2035 standardem dla tych samolotów będzie zespół napędowy typu turbo-electric z możliwym wykorzystaniem wentylatora umieszczonego w obszarze usterzenia co zdecydowanie zminimalizuje opory tarcia w tylnej części kadłuba, obniży istotnie opory samolotu i w dalszej konsekwencji pozwoli na zmniejszenie powierzchni omywanej usterzenia, poprawę stateczności statycznej oraz poprawi możliwości sterowania samolotem.

Teza pracy jest następująca:

„Wykorzystanie zintegrowanych systemów do wspomaganie projektowania i obliczeń daje możliwość oszacowania masy struktury samolotu pasażerskiego, wyposażonego w innowacyjny napęd hybrydowy na wczesnym etapie projektu”. W pierwszym etapie prac zbudowano parametryczny model struktury samolotu. Następnie zbudowano koncepcję kadłuba o strukturze kompozytowej geodetycznej o zoptymalizowanej masie, stosując metody iteracyjne. Wyznaczono obciążenia kadłuba według przepisów CS-25, jak również obciążenia od propulsora. Zbudowano model MES struktury nośnej propulsora oraz główne elementy nośne w kadłubie statecznika. Dokonano optymalizacji struktury w celu minimalizacji masy. Przeprowadzono obliczenia MES całego kadłuba z uwzględnieniem struktury geodetycznej jak i konstrukcji nośnej propulsora. Szczegółowej analizie poddano również centropląt, analizując zarówno strukturę konwencjonalną, jak i jednoelementowy centropląt kompozytowy. Przeprowadzone obliczenia i modele znane w literaturze posłużyły do

możliwie dokładnego oszacowania masy struktury samolotu wyposażonego w propulsor. Osiągnięcia celów w zakresie redukcji zużycia paliwa i emisji szkodliwych gazów w lotnictwie, wymaga wprowadzenia między innymi innowacyjnych rozwiązań strukturalnych. O ile dość łatwo można znaleźć w literaturze wzory na podstawie procedur o układzie konwencjonalnym, to szacowanie masy konstrukcji o układzie innowacyjnym jest utrudnione. Dostępne rozwiązania są stosowane w większości przypadków na podstawie danych statystycznych. Analiza masowa to bardzo istotny etap projektu często decydujący o jego powodzeniu. Nowoczesne zintegrowane systemy wspomagania projektowania inżynierskiego umożliwiają przeprowadzenie procesu projektowania koncepcyjnego w pełnym zakresie. Począwszy od modelu CAD 3D, poprzez analizę numeryczną metodą elementów skończonych, optymalizację według zadanych parametrów do obróbki CNC i dokumentacji technicznej. Aby możliwie dokładnie oszacować masę struktury samolotu PFC na wczesnym etapie projektu należy prowadzić analizę z użyciem oprogramowania CAD/CAM/CAE. Należy podkreślić, że rezultaty badań przedstawione w Rozdziałach 2 i 3 zostały uzyskane przez zespół badawczy Politechniki Warszawskiej w składzie mgr inż. Mariusz Kowalski, inż. Bartłomiej Goliszek i prof. dr hab. inż. Zdobysław Goraj. Udział procentowy co do wkładu merytorycznego poszczególnych autorów zamieszczono w dodatku A i potwierdzono podpisami wszystkich autorów z Politechniki Warszawskiej. Pozwala to jednoznacznie ocenić wkład własny doktoranta w oddzieleniu od pozostałych współpracowników z Politechniki Warszawskiej i partnerów konsorcjum CENTERLINE.

Członkowie zespołu badawczego zgodnie zaświadczają, że poniżej podany udział procentowy autorów w poszczególnych zadaniach jest zgodny ze stanem faktycznym.

	Mariusz Kowalski	Bartłomiej Goliszek	Zdobysław Goraj
1. Parametryczny model CAD samolotu,	20 %	70 %	10 %
2. Koncepcja kadłuba geodetycznego,	40 %	40 %	20 %
3. Analiza wytrzymałościowa kadłuba konwencjonalnego i geodetycznego,	100 %	0 %	0 %
4. Projekty koncepcyjne struktury nośnej propulsora,	60 %	30 %	10 %
5. Analiza wytrzymałościowa struktury nośnej propulsora,	100 %	0 %	0 %
6. Projekt koncepcyjny centroplata,	80 %	10 %	10 %
7. Analiza wytrzymałościowa centroplata,	100 %	0 %	0 %
8. Oszacowanie masy struktury,	33 %	33 %	33 %


 Mgr inż. Mariusz Kowalski


 Inż. Bartłomiej Goliszek


 Prof. Dr. Hab. Inż. Zdobysław Goraj

Praca jest napisana w sposób jasny, czytelny i jest ilustrowana wieloma rysunkami, które ułatwiają zrozumienie struktury geometrycznej samolotu. Przedstawiono oceny spalania paliwa, emisji NO_x i hałasu dla samolotu PFC i porównano je z zaawansowaną konwencjonalną technologią, przy założeniu wprowadzania do użytkowania w 2035 roku. Literatura zamieszczona na końcu rozprawy jest bardzo obszerna i dobrze dobrana, co świadczy o rozeznaniu doktoranta w metodach projektowania lotniczego i analizach emisji gazów cieplarnianych i hałasu.

WNIOSEK

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Mariusza Kowalskiego stanowi naukowy, poznawczy i praktyczny wkład do nauki o projektowaniu statków powietrznych. Autor dowiódł przy tym, że posiada umiejętności właściwego formułowania ich rozwiązania. Mam pełne uznanie dla staranności, wnikliwości i szerokości przeprowadzonych analiz przez Doktoranta. Doktorant z podjętego zadania wywiązał się bardzo dobrze. W świetle powyższego uważam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Mariusza Kowalskiego spełnia wszystkie wymagania określone w przepisach obowiązujących w tym względzie. Stawiam wobec następujący wniosek:

- dopuszczenie mgr inż. Mariusza Kowalskiego do publicznej obrony przed Radą Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej,
- wyróżnienie tej pracy w sposób przyjęty w Politechnice Warszawskiej.

A. Olejnik