

dr hab. inż. Marek Matyjewski, prof. uczelni
Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
Politechnika Warszawska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. WOJCIECHA ZIELIŃSKIEGO
pt. „**Analiza możliwości zwiększenia dokładności monitorowania zużycia zmęczeniowego konstrukcji samolotu Su-22 na podstawie danych z pokładowego rejestratora parametrów lotu i systemu monitorowania obciążeń**”.

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego nr 40/RDN/IM/2022 z dnia 22 czerwca 2022 roku.

1. Zasadność podjęcia tematu

Tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej jest bardzo ważna, zarówno z punktu widzenia praktycznego, jak i obronności kraju. Wojna w Ukrainie nadaje jej jeszcze większe znaczenie.

Strategie operacyjne, stosowane w polskim lotnictwie wojskowym, polegają przede wszystkim na użytkowaniu określonego typu statku powietrznego do końca wyznaczonego okresu eksploatacji. Autor recenzowanej pracy zastosował nowsze podejście, wykorzystujące bieżącą ocenę stanu technicznego samolotu, na podstawie zarejestrowanych obciążeń elementów konstrukcji.

Pomiar i analiza obciążeń struktury samolotu jest bardzo istotnym problemem eksploatacji statków powietrznych. Uzyskanie bardziej dokładnych informacji o czynnikach wpływających na zużycie konstrukcji pozwala na zwiększenie bezpieczeństwa lotów. Należy podkreślić, że jednym z najważniejszych obszarów działań w lotnictwie jest zmniejszanie ryzyka związanego z użytkowaniem samolotów.

2. Zakres i cel rozprawy

Układ recenzowanej pracy jest przejrzysty. We wprowadzeniu przedstawiono wojskowy samolot Suchoj Su-22 oraz opisano program wydłużenia czasu eksploatacji tego statku powietrznego. W rozdziale drugim zawarto stan wiedzy z zakresu zużycia zmęczeniowego samolotów, podano sposoby ich projektowania, uwzględniające powstające podczas eksploatacji uszkodzenia. Ważną częścią tego rozdziału jest przegląd wiedzy z zakresu monitorowania zużycia zmęczeniowego, a także przedstawienie metod zliczania cykli

obciążeń. Stan wiedzy z obszaru niniejszej rozprawy został opisany szczegółowo i bardzo dobrze.

W rozdziale trzecim zawarto opis pełnoskalowej próby zmęczeniowej, a także sposobu ustalania widma obciążeń zastosowanego w tym eksperymencie oraz podano program monitorowania zużycia zmęczeniowego badanego samolotu. Rozdział 4. zawiera cele i tezę pracy, które wraz z zakresem najważniejszych do wykonania zadań są zwięzłe i precyzyjnie przedstawione.

Rozdział 5. stanowi najważniejszą część pracy, obejmuje opis przebiegu badań eksperymentalnych oraz analizę wyników. Przedstawiono tam rejestratory pokładowe samolotu Su-22. Omówiono modele obciążeń stosowane do oceny zdolności samolotów wojskowych, podano najczęściej wykorzystywane w tym celu parametry lotu. Wykonano analizę danych rejestrowanych przez urządzenie Tester U3ł oraz system monitorowania obciążeń SMO.

Rozdział szósty poświęcono rozważaniom dotyczącym zwiększenia dokładności monitorowania zużycia zmęczeniowego samolotu Su-22. Ostatni rozdział jest podsumowaniem całej pracy, zawiera wnioski oraz sugestie dotyczące możliwych dalszych prac z wykorzystaniem zaproponowanej metody rejestrowania i analizy zużycia zmęczeniowego samolotów.

Bibliografia zawarta w pracy obejmuje aż 196 pozycji. Należy stwierdzić, że są to publikacje istotnie związane z tematyką rozprawy.

Autor jasno wyznaczył i sformułował cele recenzowanej pracy. Określając cel naukowy rozprawy jako weryfikację możliwości opracowania bardziej dokładnej metody wyznaczania obciążeń struktury samolotu, ponadto postanowił zbadać wpływ jakości rejestrowanych parametrów na dokładność oceny zużycia zmęczeniowego badanego statku powietrznego.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Teza pracy:

„Wykorzystanie kombinacji danych z czujników tensometrycznych systemu monitorowania obciążeń oraz informacji z pokładowego rejestratora parametrów lotu pozwala na uzyskanie efektu synergii w zakresie dokładności określania zużycia zmęczeniowego”
została jednoznacznie i poprawnie sformułowana. Rozpatrywana hipoteza naukowa dotyczy istotnych i aktualnych zagadnień, co zostało wcześniej omówione w uzasadnieniu podjęcia tematu.

Rozprawa doktorska dotyczy badań doświadczalnych oraz analizy uzyskanych wyników pomiarów parametrów lotu i wyczerpania struktury kadłuba naddźwiękowego samolotu wysokomanewrowego. Najbardziej istotną częścią pracy jest opracowanie systemu monitorowania zużycia zmęczeniowego polegające na połączeniu i synchronizacji danych z systemów Tester U3ł oraz SMO. Ponadto Autor przedstawił własną metodykę skalowania tensometrów uwzględniającą zmianę kąta skosu krawędzi natarcia skrzydeł samolotu Suchoj Su-22.

Opracowana metoda monitorowania zużycia zmęczeniowego statków powietrznych może zostać wykorzystana także w procesach eksploatacji innych samolotów.

W pierwszej części przedłożonej rozprawy Doktorant dowiódł, że posiada dużą wiedzę z zakresu badań zmęczeniowych samolotów wojskowych, monitorowania obciążeń w locie oraz metod wydłużania okresu ich eksploatacji. Wykazał umiejętność opracowywania oraz analizy dużych i nie zawsze kompletnych zbiorów danych z pokładowych rejestratorów lotu.

Ważną częścią rozprawy jest bogata literatura oraz bardzo dobrze wykonana analiza stanu wiedzy. Gdzie kompetentnie i ciekawie przedstawiono historię badań zmęczeniowych, koncepcje projektowania samolotów ze względu na zużycie zmęczeniowe oraz metody monitorowania tego zużycia.

4. Uwagi krytyczne

Wydaje się, że największą wadą rozprawy są trudności w ustaleniu, które prace badawcze i analizy wykonał Autor pracy. Badania eksperymentalne dotyczące złożonych systemów, takich jak naddźwiękowy samolot szkolno-bojowy wymagają prac zespołowych. Niestety jasno nie przedstawiono udziału Doktoranta w poszczególnych zadaniach związanych z realizacją programu przedłużenia okresu eksploatacji samolotów Su22 w Siłach Powietrznych RP. W streszczeniu rozprawy wspomniano o własnych badaniach i analizach przedstawionych w drugiej części rozdziału piątego.

W podrozdziale 5.4.4 przypomniano o konieczności przeprowadzenia kalibracji czujników tensometrycznych systemu monitorowania SMO. Zawarto tam informację, że proces ten został opisany w punkcie 5.1.2. Jednak opis tej czynności przedstawiony w ostatnim paragrafie tego podrozdziału nie jest jasny.

Synchronizacja danych uzyskanych z rejestratorów Tester U3Ł i SMO wymagała ujednoczenia liczby zapisów w jednej sekundzie lotu. Wykonano to poprzez zwielokrotnienie rekordów pierwszego urządzenia z 1 do 16 Hz. Wprowadzono zatem sztucznie dodatkowe informacje. Jaki wpływ taka operacja mogła mieć na uzyskane wyniki? Czy Autor próbował synchronizować i porównać zarejestrowane dane zmniejszając częstość zapisów systemu monitorowania SMO do jednego Herza?

Rozdział 5. jest zbyt rozbudowany, zajmuje około połowy objętości całej rozprawy! Wydaje się, że informacje przedstawione w punktach 5.1 i 5.2 mogły znaleźć się w pierwszej części pracy, przed postawieniem tezy. Wtedy rozdział ten zawierałby głównie opis osiągnięć naukowych Autora.

Bibliografia nie zawiera zbyt wielu prac Autora. Ponadto są to przede wszystkim publikacje wewnętrzne Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych lub materiały konferencyjne.

W przeważającej większości opiniowana praca została napisana poprawnym językiem, ułatwiającym zrozumienie zawartego w niej materiału. Jednak niektóre fragmenty rozprawy mogły być lepiej opracowane. Autor bardzo często używa wyrażenia „w oparciu o”, które nie jest zalecane w przypadku, gdy poprzedza nazwy abstrakcyjne, np. dane, równanie.

Redakcja rozprawy jest bardzo dobra, ale oczywiście występują w niej drobne błędy. Na rysunkach 2.8 i 2.17 liczba cykli oznaczona jest małą literą n zamiast wielką literą. Korzystając z wykazu oznaczeń można zauważyć, że litera ta używana jest do opisu bardzo dużej liczby zmiennych.

5. Ocena końcowa

Rozprawa doktorska pt. „Analiza możliwości zwiększenia dokładności monitorowania zużycia zmęczeniowego konstrukcji samolotu Su-22 na podstawie danych z pokładowego rejestratora parametrów lotu i systemu monitorowania obciążeń” jest oryginalnym

rozwiązaniem problemu naukowego. Opracowanie to świadczy o nabyciu, przez mgra inż. Wojciecha Zielińskiego, umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w zakresie badania oraz monitorowania złożonych zjawisk i procesów. Ponadto dowodzi opanowania przez doktoranta zaawansowanych metod analizy danych oraz przekonuje o znacznym pogłębieniu przez niego wiedzy w zakresie zmęczenia konstrukcji w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska spełnia warunki stawiane w Ustawie o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych, pracom doktorskim w zakresie nauk technicznych. Zatem może stanowić podstawę do nadania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Wniosuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej o dopuszczenie mgra inż. Wojciecha Zielińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

M. Matyjaszewski