

Prof. dr hab. inż. Józef SZALA
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
al. Profesora Kaliskiego 7
85-789 Bydgoszcz

RECENZJA
dotycząca wniosku o nadanie dr. inż. Lucjanowi WITKOWI
stopnia naukowego doktora habilitowanego

1. Podstawowe dane o KANDYDACIE

Lucjan WITEK urodzony w 1972 roku, ukończył studia w roku 1997 na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera - kierunku lotnictwo.

Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie mechanika, nadała Mu wymieniona Rada Wydziału w roku 2001. Tytuł pracy doktorskiej: *Numeryczno-eksperymentalna analiza stateczności oraz nośności granicznej powłoki walcowej wzmocnionej profilami zamkniętymi.*

W roku 1996 zatrudniony został w Katedrze Mechaniki Stosowanej i Robotyki na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, a od roku 2005 pracuje w Katedrze Samolotów i Silników Lotniczych na wymienionym Wydziale.

Postępowanie habilitacyjne prowadzi Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.

2. Ocena jednotematycznego cyklu publikacji

Podstawowym osiągnięciem naukowym, wskazanym przez KANDYDATA, jest jednotematyczny cykl publikacji pt.: *Problemy zmęczeniowego pęknięcia wirujących zespołów turbinowych silników lotniczych.* Cykl ten obejmuje 9 publikacji naukowych, związanych z wymienionym tematem.

Podjęcie tematu zmęczeniowego pęknięcia elementów turbinowych silników lotniczych jest w pełni uzasadnione względami teoretycznymi w zakresie opisu procesów zmęczenia metali, jak i względami praktycznymi związanymi z analizami rzeczywistych elementów silników. Wirujące zespoły należą do grupy krytycznych elementów silnika decydujących o jego trwałości, a pęknięcia zmęczeniowe prowadzą w skrajnych przypadkach do katastrofy statku powietrznego.

Cztery pierwsze prace według wykazu ([A1]-[A4]) i praca [A8] zawierają opis analiz numerycznych MES z zastosowaniem komercyjnego oprogramowania, dalsze ([A5]-[A7]) poświęcone są analizie wyników doświadczalnych, natomiast celem pracy [A9] jest wyznaczenie współczynnika intensywności naprężeń za pomocą analitycznej metody Raju-Newmana.

W pracy [A1]: Witek L., *Failure analysis of turbine disc of an aero engine*, dokonano numerycznej analizy rozkładów naprężeń i odkształceń w obszarze połączenia jodełkowego łopatki z tarczą turbiny silnika turbośmigłowego, samolotu transportowego. W analizie MES wskazano miejsce maksymalnych naprężeń, które odpowiada strefie inicjacji pęknięcia zaobserwowanego w tarczy w warunkach eksploatacji.

Wysoki stopień trudności analizy numerycznej wynika ze złożonego obciążenia termo-mechanicznego rozpatrywanych elementów.

Dyskusyjne jest stwierdzenie, że: *tarcza turbiny jest poddana na działanie zmęczenia niskocyklowego związanego ze zmienną prędkością obrotową wirnika w różnych fazach pracy silnika oraz nierównomiernym nagrzaniu tarczy*. W warunkach eksploatacji poza wymienionymi stanami nieustalonymi, występuje zmęczenie wysokocyklowe w warunkach ustalonych.

Kontynuacją pracy [A1] jest praca [A2]: Witek L., *Numeryczna analiza pola naprężeń oraz dynamiki rozwoju szczeliny zmęczeniowej w turbinie silnika lotniczego poddanej działaniu złożonego obciążenia termo-mechanicznego*. Rozwinięcie tematu polega na określeniu współczynnika intensywności naprężeń (K_1) w tarczy turbiny zawierającej szczelinę o kształcie ćwierćeliptycznym oraz ocena prędkości rozwoju pęknięcia w warunkach zmiennego obciążenia termo-mechanicznego. Osiągnięciem Autora w pracy [A2] jest opracowanie hybrydowej numeryczno-analitycznej metody obliczeń prędkości rozwoju pęknięć zmęczeniowych. Obliczenia w części analitycznej oparte są na zastosowaniu wzoru Parisa-Erdogana.

Głównym celem naukowym pracy [A3]: Kowalski T., Mamrowicz J., Witek L., *Numeryczna analiza naprężeń oraz trwałości zmęczeniowej turbiny silnika śmigłowego, jest wyznaczenie pola naprężeń oraz liczby cykli obciążenia do inicjacji pęknięcia zmęczeniowego w turbinie napędowej silnika śmigłowego, poddanej działaniu zmęczenia niskocyklowego*. W wyznaczeniu pola naprężeń zastosowano MES, natomiast w obliczeniach trwałości do inicjacji pęknięcia zmęczeniowego zastosowano: liniową hipotezę sumowania uszkodzeń, równania Basquina i Mansona-Coffina, metodę Neubergera do obliczeń lokalnych naprężeń i odkształceń oraz metodę *rain-flow* do opracowania zmiennie amplitudowego obciążenia. Dobór metod jest właściwy ze względu na cel pracy i jej praktyczny charakter.

Wątpliwości budzi stwierdzenie Autora o „ogromnych kosztach” badań eksperymentalnych, odnosząc je do badań całej turbiny na stanowisku badawczym. Podstawowe badania prowadzi się nie na całych obiektach lecz na węzłach lub poszczególnych elementach złożonych obiektów. W tych przypadkach konieczne jest odpowiednie modelowanie obiektu i obciążenia.

W pracy [A4]: Witek., Wierzbińska M., Poznańska A., *Fracture analysis of compressor blade of helicopter engine*, podobnie jak w pracy [A1] analizie rozkładu naprężeń i zmęczeniowego pęknięcia, podano łopatkę sprężarki turbiny silnika śmigłowego, która uszkodzona została w trakcie eksploatacji. Rozwiązaniem zagadnień opisanych w pracy [A1] jest uwzględnienie, poza naprężeniami wynikającymi z wirowania, naprężeń od drgań własnych. Pierwszemu rodzajowi obciążenia Autor przypisuje zakres niskocyklowego zmęczenia, natomiast drugiemu rodzajowi obciążenia przypisuje zakres wysokocyklowego zmęczenia. We wniosku stwierdza, że o pęknięciu zmęczeniowym decydują drgania łopatek.

W pracy brak oceny łącznego oddziaływania wirowania i drgań łopatek – zjawisk występujących łącznie w warunkach eksploatacji. Ponadto dokonując oględzin łopatek stwierdzono wżery korozyjne na krawędzi natarcia łopatek, brak w pracy szerszej analizy wpływu tych wżerów na rozkład lokalnych naprężeń.

Ostatnią z wykazu prac poświęconych analizie numerycznej jest praca [8]: Witek L., *Numerical stress and crack initiation analysis of the compressor blades after foreign object damage subjected to high-cycle fatigue*, której głównym celem jest wyznaczenie trwałości zmęczeniowej do inicjacji pęknięcia zmęczeniowego łopatek sprężarki silnika turbiny w warunkach drgań rezonansowych, analizowano łopatkę z karbem typu V oraz łopatkę bez defektów.

Wyniki statycznej analizy MES stanowiły podstawę obliczeń zmęczeniowych metodami wyszczególnionymi przy omawianiu pracy [A3]. Weryfikacja doświadczalna obliczeń wykazała znaczne różnice wyników badań i obliczeń. Brak szerszej analizy źródeł tych różnic. Praca ma znaczenie praktyczne.

Druga grupa prac zawiera opisy i analizę badań doświadczalnych. W pracy [A5]: Witek L., *Metodyka eksperymentalnych badań prędkości propagacji pęknięć zmęczeniowych w łopatkach sprężarki silnika turbinowego PZL-10W*, Autor dokonuje wprowadzenia do tematyki badań w zakresie opisu wybranych metod badań zmęczeniowych, na przykładzie badań łopatek sprężarki silnika śmigłowcowego, oraz opis instrumentarium badawczego. Wspomniane metody dotyczyły pomiarów: częstotliwości, amplitudy drgań oraz długości pęknięcia zmęczeniowego. Badania przeprowadzono z zastosowaniem odpowiedniego uchwytu łopatek mocowanego na wzbudniku, czujników przyspieszeń mocowanych na łopatkach, laserowego wibrometru i mikroskopu pomiarowego. Długość pęknięcia oceniano fluorescencyjną metodą stosowaną w badaniach defektoskopowych.

Badania weryfikacyjne obejmowały min. wpływ lokalizacji i masy czujników i uchwytu na częstotliwość rezonansową. Weryfikacja stanowiska badawczego wykazała jego całkowitą przydatność do badań zmęczeniowych łopatek w warunkach rezonansowych.

Opisane w pracy [A5] stanowisko badawcze zastosowano do badań zmęczeniowych łopatek sprężarki turbinowego silnika śmigłowcowego, które opisano w pracy [A6]: *Experimental crack propagation and failure analysis of the first stage compressor blade subjected to vibration*.

Celem tych badań było wyznaczenie prędkości rozwoju pęknięć zmęczeniowych w łopatkach bez defektów w warunkach drgań mechanicznych przy stałej intensywności wzbudzenia i zmiennej częstotliwości oraz analiza miejsca inicjacji pęknięcia i obrazu przełomu zmęczeniowego. Wymieniona analiza umożliwia sformułowanie wniosków poznawczych z zakresu mechaniki pęknięcia oraz wniosków praktycznych dotyczących trwałości łopatek.

Podobny program badań opisano w pracy [A7]: Witek L., *Crack propagation analysis of mechanically damaged compressor blades subjected to high cycle fatigue*, który zrealizowano na łopatkach sprężarki silnika ze sztucznie wykonanymi defektami na krawędziach natarcia. Analiza wyników badań wykazała, poza ilościowymi danymi dotyczącymi trwałości, podobieństwo przełomu zmęczeniowego łopatki badanej na stanowisku badawczym do przełomu obserwowanego w warunkach eksploatacji. Z tego podobieństwa Autor wnioskuje o rodzaju obciążeń łopatek (zginanie), dominujących w warunkach eksploatacji.

W opisanej metodzie badań wątpliwości budzi:

- sposób pomiaru długości pęknięcia, wymagający demontażu łopatki, co może powodować zmianę warunków badań w kolejnym bloku cykli,
- odmienność badań stanowiskowych przy stałej amplitudzie drgań w stosunku do warunków drgań w warunkach eksploatacji.

W pracy [A9] opisano wyznaczanie współczynnika intensywności naprężeń analityczną metodą Raju-Newmana w łopatce sprężarki poddanej działaniu rezonansowych drgań giętych. Stosując wzór Parisa-Erdogana oraz obliczony zakres zmienności współczynnika intensywności naprężeń wyznaczono wykresy prędkości rozwoju pęknięcia zmęczeniowego dla różnych wartości amplitudy drgań łopatki.

Oceniany cykl publikacji charakteryzuje się następującymi cechami:

1. W badaniach numerycznych zastosowano MES w komercyjnych programach do wyznaczania rozkładów naprężeń i odkształceń w elementach silnika turbinowego. Wyniki tych badań posłużyły do określenia obszarów prawdopodobnych pęknięć zmęczeniowych.
2. Badania Numeryczne i doświadczalne przeprowadzono na dwóch rodzajach obiektów: tarczy turbiny silnika samolotu transportowego i łopatek sprężarki silnika śmigłowcowego, co wzmocniło aplikacyjne znaczenie wyników, lecz ograniczyło możliwości ich uogólnienia. Podobnie wąski zakres warunków badań (głównie obciążenia rezonansowe) ogranicza możliwość uogólnienia wyników badań.

3. Wymienione wyżej uwagi ograniczają naukowe znaczenie wyników badań, podkreślając ich znaczenie praktyczne, co w naukach technicznych ma istotne znaczenie.
4. Problem badań numerycznych i doświadczalnych oparty był na obserwacjach uszkodzeń analizowanych elementów. Ocenę przełomów zmęczeniowych oparto na analizie makrofraktograficznej. Powyższe stwierdzenie świadczy o praktycznych kwalifikacjach Autora.
5. Korekty i ujednolicenia w przyszłych publikacjach, wymagają niektóre określenia stosowane przez Autora wymiennie np. szczelina-pęknięcie, rozwój szczeliny zmęczeniowej (?) – rozwój pęknięcia zmęczeniowego, linie przystankowe - linie zmęczeniowe, itp. Ponadto w kwalifikowaniu nisko i wysokocyklowego zmęczenia nie zdefiniowano odpowiedniego kryterium.

W podsumowaniu oceny jednotematycznego cyklu publikacji stwierdzam, że pod względem poziomu merytorycznego, zakresu analizowanego problemu i znaczenia naukowego, a przede wszystkim praktycznego, stanowi on istotny wkład do wiedzy w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn, a zatem spełnia warunki określone w ustawie.

3. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

3.1. Osiągnięcia publikacyjne

Poza problematyką omówioną w p.2 niniejszej recenzji zainteresowania naukowe dr. inż. Lucjana WITKA obejmowały: analizy numeryczne rozkładów naprężeń, odkształceń, trwałości zmęczeniowej i nośności granicznej: połączeń nitowych (6 publikacji), w turbinie silnika lotniczego (1 publikacja), w skrzydle samolotu (3 publikacje) oraz analizę przyczyn zmęczeniowego pęknięcia obudowy turbiny silnika śmigłowcowego, poddanej działaniu złożonego obciążenia termomechanicznego.

W statystycznym ujęciu dorobek publikacyjny KANDYDATA obejmuje: 38 prac w tym 26 publikacji indywidualnych, 8 prac opublikowanych w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej (JCR), 4 publikacje w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, 4 rozdziały w monografiach o zasięgu międzynarodowym, 7 publikacji w czasopismach krajowych i 6 publikacji w materiałach konferencyjnych.

Sumaryczny Impactor Factor – 5,788, liczba cytowań wg Web of Science – 22, według Elsevier Scopus – 35, oraz index Hirscha -3.

3.2. Inne formy aktywności naukowej

Kandydat uczestniczył w zespołach realizujących projekty badawcze: międzynarodowym finansowanym przez NATO realizowanym w Kanadzie (wykonawca), rozwojowym finansowanym przez MNiSzW (wykonawca) oraz własnym finansowanym przez MNiSzW (kierownik).

Kwalifikacje naukowe doskonalił w odbytym w latach 2003-2004 stażu naukowym w Institute for Aerospace Research (IAR), National Research Council (NRC) w Kanadzie.

O uznaniu kwalifikacji naukowych KANDYDATA świadczy trzykrotne powołanie Go na recenzenta artykułów w czasopismach znajdujących się na liście LCR.

Aktywnie uczestniczy w konferencjach naukowych międzynarodowych (7) i krajowych (9) wygłaszając referaty.

Za osiągnięcia naukowe uzyskał szereg nagród: 1 międzynarodową (NATO Science Fellowships) w 2003 r., 1 nagrodę KM PAN (2007 r.), 1 nagrodę PTMTS (2003 r.) oraz 3 nagrody naukowe Rektora Politechniki Rzeszowskiej.

Z powyższych danych wynika, że KANDYDAT prowadzi aktywną działalność publikacyjną w problematyce wytrzymałości i trwałości zmęczeniowej struktur lotniczych z zastosowaniem metod numeryczno-analitycznych i badań doświadczalnych. Wyniki obliczeń i badań doświadczalnych upowszechnia w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym i krajowym. Dorobek publikacyjny odpowiada kryteriom określonym dla kandydatów w przewodach habilitacyjnych.

Poza wymienionymi osiągnięciami publikacyjnym podkreślić należy aktywne uczestnictwo w realizacji projektów badawczych i konferencjach naukowych oraz uznanie mające swoje odbicie w powołaniach na recenzenta prac w zagranicznych czasopismach naukowych.

4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Lucjan WITEK prowadzi zajęcia dydaktyczne z przedmiotów związanych z problematyką wytrzymałości materiałów, maszyn i konstrukcji lotniczych oraz komputerowego wspomaganie projektowania silników lotniczych i zajęcia z języka angielskiego technicznego.

Organizuje i prowadzi zajęcia laboratoryjne z MES dla studentów oraz fakultatywne kursy dla pracowników uczelni (w latach 2002 i 2003). Czynnie uczestniczy w opracowywaniu programów i materiałów pomocniczych do zajęć dydaktycznych. Jest promotorem 12. prac dyplomowych.

Działalność organizacyjna związana jest z pracami na macierzystym wydziale i dotyczy: uruchomienia Laboratorium Wytrzymałości i Dynamiki Maszyn Wirnikowych oraz udziału w pracach komisji ds. rozkładu zajęć i komisji rekrutacyjnej na wydziale.

KANDYDAT uczestniczył i uczestniczy w programach współpracy z jednostkami naukowymi i przemysłowymi w kraju i zagranicą min. z: Institute for Aerospace Research (IAR) National Research Council (NCR) w Ottawie, Kanada (2003-2004), WSK PZL-Rzeszów i WSK PZL-Krosno.

W podsumowaniu stwierdzam, że: dr inż. Lucjan WITEK jest doświadczonym nauczycielem akademicki, prowadzącym szeroką działalność dydaktyczną ze studentami i w środowisku pracowników uczelni.

Problematyka działalności dydaktycznej i organizacyjnej jest spójna z Jego zainteresowaniami naukowymi.

5. Wniosek końcowy

W świetle wyżej omawianych osiągnięć: naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych stwierdzam, że dr inż. Lucjan WITEK spełnia wymogi sformułowane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, ustawie z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i rozporządzeniu MNiSzW z dnia 1 września 2001 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

W związku z powyższym popieram wniosek o nadanie Mu przez Radę Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej stopnia naukowego doktora habilitowanego.

