

Białystok, 15.09.2012 r.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Seweryn
profesor zwyczajny
Politechnika Białostocka
Wydział Mechaniczny
Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej
15-351 Białystok, ul. Wiejska 45 C
a.seweryn@pb.edu.pl

Recenzja
osiągnięcia naukowego
oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Lucjana Witka

Tytuł osiągnięcia naukowego: *„Problemy zmęczeniowego pękania wirujących zespołów turbinowych silników lotniczych”*

Podstawa opracowania opinii: pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, dr hab. inż. Krzysztofa Kubiaka (profesora nadzwyczajnego Politechniki Rzeszowskiej, z dnia 5.07.2012 roku.

Przedstawiona poniżej opinia składa się z oceny osiągnięcia naukowego, oceny dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego oraz oceny końcowej.

I. Ocena osiągnięcia naukowego

I.1. Charakterystyka i ogólna analiza osiągnięcia – cel i zakres badań

Dr inż. Lucjan Witek przedstawił jako swoje osiągnięcie naukowe jednotematyczny cykl 9 publikacji z zakresu mechaniki pękania konstrukcji lotniczych, w skład którego wchodzi 5 niżej wymienionych artykułów w uznanych czasopismach o zasięgu światowym, indeksowanych przez Journal Citation Reports:

1. Witek L. (2006), Failure analysis of turbine disc of an aero engine, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 13 (IF = 0.428);
2. Witek L., Wierzbińska M., Poznańska A. (2009), Fracture analysis of compressor blade of a helicopter engine, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 16 (IF = 0.945);
3. Witek L. (2009), Experimental crack propagation and failure analysis of the first stage compressor blade subjected to vibration, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 16 (IF = 0.945);
4. Witek L. (2011), Crack propagation analysis of mechanically damaged compressor blades subjected to high cycle fatigue, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 18 (IF = 0.817);

5. Witek L. (2011), Numerical stress and crack initiation analysis of the compressor blades after foreign object damage subjected to high cycle fatigue, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 18 (IF = 0.817).

Ponadto, do jednotematycznego cyklu publikacji, Habilitant zaproponował 4 mniej znaczące prace: 2 artykuły w czasopismach krajowych (*Przegląd Mechaniczny*, *Journal of Aeronautica Integra*), 1 rozdział w anglojęzycznej monografii pokonferencyjnej oraz 1 pokonferencyjny artykuł w uczelnianych zeszytach naukowych.

Zgodnie z tytułami artykułów, przedmiotem rozważań są metody analizy i modelowania zmęczeniowego pęknięcia wirujących zespołów turbinowych silników lotniczych w warunkach obciążeń eksploatacyjnych. Problematyka poruszona w wyżej wymienionych pracach ma bardzo duże znaczenie poznawcze oraz (a może przede wszystkim) utylitarne. Właściwe prognozowanie trwałości zmęczeniowej konstrukcji lotniczej, zarówno na etapie jej projektowania, jak i eksploatacji jest niezwykle ważne, przede wszystkim z punktu widzenia bezpieczeństwa załogi i ewentualnych pasażerów. Pęknięcie zmęczeniowe elementów konstrukcji lotniczych (także silników turbinowych) było bowiem jedną z najczęstszych przyczyn katastrof lotniczych.

Przedstawiona tematyka należy do dyscypliny naukowej: *budowa i eksploatacja maszyn*, a w szczególności do specjalności: *wytrzymałość konstrukcji lotniczych*. Pewne elementy poznawcze, a w szczególności modele obliczeniowe, mogą być także zakwalifikowane do dyscypliny *mechanika*.

W opiniowanym osiągnięciu naukowym dr inż. Lucjan Witek postawił sobie następujący cel podstawowy (cytat z autoreferatu): „ocena wybranych metod numeryczno-analitycznych prognozowania trwałości zmęczeniowej wirujących zespołów turbinowych silników lotniczych”. Sformułował także cel dodatkowy (cyt.): „określenie pola naprężeń i liczby cykli niezbędnej do inicjacji szczelin zmęczeniowych oraz prędkości propagacji pęknięć w newralgicznych elementach silników turbinowych, poddanych działaniu złożonych obciążeń”. Powyższy cel jest spójny z koncepcją badań przedstawionych w wybranych publikacjach Habilitanta. Jednakże chciałbym zwrócić uwagę na fakt, że określenie pola naprężeń nie może być celem samym w sobie – służy do realizacji celu, jakim jest prognozowanie trwałości zmęczeniowej.

Zakres badań przedstawionych w jednotematycznym cyklu prac obejmował:

- określenie przyczyn pęknięcia tarczy turbiny oraz łopatek sprężarki w warunkach eksploatacyjnych (złożonego obciążenia termo-mechanicznego);
- numeryczne modelowanie pól naprężeń i odkształceń w elementach zespołów turbinowych silników lotniczych (tarczy turbiny, łopatek sprężarki) w warunkach obciążenia eksploatacyjnego;
- określenie warunków inicjacji pęknięcia zmęczeniowego w tarczy turbiny napędowej silnika śmigłowego oraz w łopatkach sprężarki: bez defektów początkowych i zawierających defekty mechaniczne (wywołane zderzeniem z obcym obiektem, a także z karami trójkątnymi);
- określenie prędkości propagacji pęknięć w tarczy turbiny oraz w łopatkach, w warunkach nisko- i wysokocyklowych obciążeń zmęczeniowych;
- doświadczalną weryfikację metod obliczeń liczby cykli obciążenia do inicjacji pęknięcia oraz prędkości propagacji pęknięcia zmęczeniowego w łopatkach sprężarki w warunkach drgań rezonansowych;

Niektóre z powyższych punktów zakresu badań powstały w ramach projektu badawczego realizowanego w Institute for Aerospace Research (NRC Aerospace, Ottawa) oraz w wyniku współpracy Politechniki Rzeszowskiej i Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego „PZL Rzeszów” SA.

I.2. Ocena jednotematycznego cyklu publikacji naukowych

Oceniając wybór tematu przedstawionego cyklu publikacji naukowych oraz zakres badań, uważam, że są one bardzo ambitne i wartościowe, o istotnym znaczeniu, zarówno poznawczym, jak i utylitarnym. Zawierają one szereg oryginalnych osiągnięć dr inż. Lucjana Witka. Poniżej omówię najważniejsze z nich.

1. Za oryginalne uważam przedstawione wyniki obliczeń numerycznych pól odkształceń i naprężeń w elementach silników lotniczych: tarczy turbiny oraz łopatek sprężarki. Wykorzystano do tego celu komercyjne oprogramowanie metody elementów skończonych MSC-PATRAN, MSC-MARC oraz ABAQUS. W obliczeniach uwzględniono zagadnienie kontaktowe (z warunkiem tarcia Amontonsa -Coulomba) w połączeniu jodełkowym łopatki z tarczą turbiny. W celu zagęszczenia siatki podziału na elementy skończone w niektórych przypadkach zastosowano obliczenia dwustopniowe – wyniki obliczeń I stopnia (zagadnienie osiowosymetryczne) stanowiły warunki brzegowe dla obliczeń II stopnia (zagadnienie przestrzenne).

Otrzymane wyniki były podstawą obliczeń trwałości zmęczeniowej wymienionych elementów silników lotniczych (np. z wykorzystaniem programu MSC-FATIGUE).

2. Za najważniejsze osiągnięcie Habilitanta uznaję jednak opracowaną metodykę i wyniki badań doświadczalnych inicjacji i propagacji pęknięć zmęczeniowych (aż do osiągnięcia wielkości krytycznej) w łopatkach sprężarki turbinowego silnika PZL-10W śmigłowca „Sokół”, w warunkach rezonansu (wysokocyklowe obciążenie zmęczeniowe). W badaniach wykorzystano zaawansowane stanowisko eksperymentalne, w skład którego wchodzi: nowoczesny system wibracyjny LDS-V830 oraz skanujący wibrometr laserowy Polytec PSV H-400. Zastosowano stałą intensywność wzbudzenia przy zmiennej częstotliwości wymuszającej. Określono lokalizację pęknięcia w łopatce, kształt frontu pęknięcia w różnej fazie oraz prędkość propagacji pęknięcia zmęczeniowego. Do identyfikacji i pomiaru długości szczeliny wykorzystano nieniszczącą fluoroscencyjną technikę badań defektoskopowych.

Przeprowadzono także ocenę skuteczności wybranych metod eksperymentalnych pomiaru częstotliwości, amplitudy drgań oraz długości pęknięcia zmęczeniowego, a w szczególności analizę wpływu masy piezoelektrycznych czujników drgań i ich lokalizacji na wyznaczone charakterystyki dynamiczne. Opracowano także metodę badań zmęczeniowych pozwalającą na utrzymanie stałej amplitudy drgań pomimo wzrostu szczeliny i spadku w wyniku tego sztywności próbki.

3. Za bardzo interesujące (i oryginalne) uważam wyniki doświadczalnych badań zmęczeniowych łopatek sprężarki silnika PZL-10W z defektami mechanicznymi, takimi jak np. korozja wżerowa lub strefa uszkodzenia wywołana uderzeniem obcego obiektu zassanego przez kanał wlotowy silnika. Defekty te modelowano za pomocą wykonanych sztucznie korbów, zlokalizowanych na krawędzi natarcia. Badania prowadzono na 25 próbkach w warunkach rezonansu (I postać drgań giętnych). Analizowano zarówno liczbę cykli obciążenia do inicjacji pęknięcia (najczęściej w strefie karbu), jak i trajektorię i prędkość propagacji pęknięcia.

I.3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Oceniany jednotematyczny cykl publikacji charakteryzuje się bardzo dobrym poziomem merytorycznym i niewiele kwestii wymaga wyjaśnienia. Uwagi krytyczne, w pewnym stopniu dyskusyjne, chciałbym wymienić poniżej. Większość z nich dotyczy strony poznawczej przedstawionych badań.

1. W przedstawionych w publikacjach Kandydata obliczeniach trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcji lotniczych oraz prędkości propagacji istniejącego pęknięcia brakuje wykorzystania nowoczesnych modeli obliczeniowe inicjacji i propagacji pęknięć zmęczeniowych w złożonym stanie obciążeń. W analizie rozwoju uszkodzeń zmęczeniowych Autor stosuje, znane od dziesiątków lat, proste wzory obliczeniowe (np. wzór Parisa, zależności Wohlera oraz Mansona-Coffina, hipotezę Palmgreena-Minera, wzór Neubera), których „modelami” nazwać nie można.
2. Jak już wcześniej wspomniałem w opinii, w badaniach wpływu defektów mechanicznych na trwałość zmęczeniową łopatek sprężarki silnika, efekt korozji wżerowej lub uszkodzenia wywołanego uderzeniem modelowano za pomocą wykonanych sztucznie korbów. Na podstawie jakich kryteriów dobierano kształt i lokalizację korbów? Powinny dawać taki sam efekt jak „naturalne” uszkodzenia. Ocena stanu uszkodzenia wywołanego karbem trójkątnym jest w tym przypadku utrudniona ze względu na osobliwe pole naprężeń przed wierzchołkiem karbu w materiale liniowosprężystym oraz konieczność zastosowania zależności dla dużych odkształceń w materiale sprężysto-plastycznym. W pierwszym przypadku należy stosować osobliwe (zdegenerowane) lub analityczne elementy skończone i wykorzystując obliczone wartości uogólnionych współczynników intensywności naprężeń dla korbów trójkątnych można ocenić ich wpływ na proces inicjacji pęknięcia. W drugim przypadku (duże odkształcenia sprężysto-plastyczne) maksymalne wartości naprężeń mogą występować w pewnej odległości od wierzchołka karbu, a maksymalne wartości odkształceń w dnie karbu, co utrudnia analizę zmęczeniową. Ponadto niezbędne jest zastosowanie w obliczeniach rzeczywistej krzywej umocnienia (a nie inżynierskiej), uwzględniającej wywołaną obciążeniem zmianę kształtu próbki (także ewentualną „szyjkę”) oraz wywołanej tym niejednorodność pola naprężeń.
3. W modelowaniu pól naprężeń i odkształceń Habilitant stosuje zarówno liniowosprężysty, jak i sprężysto-plastyczny (ze wzmocnieniem izotropowym) model materiału. W rzeczywistości, szczególnie w podwyższonej temperaturze, mamy do czynienia z materiałem sprężysto-plastycznym ze wzmocnieniem. Wartość odkształceń plastycznych i wywołana nimi redystrybucja pól naprężeń mają duże znaczenie w ocenie trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcyjnych. Choć trzeba przyznać, że w przypadku niektórych materiałów granica plastyczności i granica wytrzymałości są na tyle blisko, iż nie można dopuścić do przekroczenia pierwszej z nich – materiał powinien pracować w zakresie sprężystym. W przypadku obciążeń zmęczeniowych, rozkład naprężeń i odkształceń w kolejnych cyklach obciążenia lepiej jest modelować wykorzystując zależności sprężysto-plastycznego modelu materiału ze wzmocnieniem kinematycznym, a w przypadku złożonego stanu naprężenia – modele umocnienia bardziej zaawansowane, np. wielopowierzchniowy model Mroza.
4. Wykorzystywanie zależności Neubera do wyznaczania odkształceń plastycznych na podstawie rozwiązania liniowosprężystego uważam za niewłaściwe. Po pierwsze: istnieją wzory dające lepszą dokładność oszacowania naprężeń i odkształceń w zakresie

sprężysto-plastycznym (np. zależności Molskiego-Glinki). Po drugie: dużo dokładniejsze wyniki dają nieliniowe obliczenia za pomocą metody elementów skończonych. Szczególnie dotyczy to karbów o małym promieniu zaokrąglenia.

Mam także pewne, mało istotne, krytyczne uwagi szczegółowe, dotyczące zarówno publikacji, jak i autoreferatu Kandydata. Najważniejsze spośród nich zostaną przedstawione poniżej.

1. Nazwa „karby typu V” jest bezpośrednim tłumaczeniem z języka angielskiego nazwy „V-notches”. W języku polskim częściej używane jest określenie „karby trójkątne”.
2. Określenia „pęknięcie” i „szczelina” nie należy stosować zamiennie. Pierwsze dotyczy tworu fizycznego, a drugie geometrycznego.
3. Nie widzę sensu analizowania wartości naprężeń w wierzchołku szczeliny przy założeniu liniowosprężystego modelu materiału. Założony w elementach zdegenerowanych rozkład jest osobliwy i naprężenia są równe nieskończoności.
4. Należy cytować publikacje źródłowe, a nie prace, w których zostały one opisane.
5. Warunek plastyczności (a tym bardziej hipotezę wyężeniową lub naprężenia zredukowane) powinno się nazywać nazwiskami Hubera oraz von Misesa, a nie tylko von Misesa.
6. Autor czasami używa niewłaściwych określeń (w języku polskim), np.: „3D” (lepiej: „przestrzenny” lub „trójwymiarowy”), „geometria turbiny” (lepiej: „kształt turbiny”), „liniowo-sprężysty” (prawidłowo: „liniowosprężysty”),
7. Rzeczownik „temperatura” powinien być używany w liczbie pojedynczej (np. pole temperatury, a nie pole temperatur).

I.4. Podsumowanie

Uważam, że wyniki badań przedstawione w opiniowanym cyklu prac stanowią istotny wkład do dyscypliny *budowa i eksploatacja maszyn* (w szczególności do *wytrzymałości konstrukcji lotniczych*). Należy zwrócić szczególną uwagę na użytkowe znaczenie przedstawionych wyników badań, w zakresie prognozowania trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcji lotniczych oraz modelowania rozwoju pęknięć w tych elementach, w warunkach obciążeń eksploatacyjnych (złożonych obciążeń termo-mechanicznych).

Należy podkreślić, że przedstawione oryginalne wyniki badań Kandydata zostały opisane w uznanych czasopismach o zasięgu światowym (*Engineering Failure Analysis* oraz *Journal of Aircraft*), gdzie przeszły pełny proces opiniowania przez uznanych, międzynarodowych specjalistów z zakresu wytrzymałości i trwałości zmęczeniowej konstrukcji lotniczych.

II. Ocena dorobku naukowego

Dr inż. Lucjan Witek ukończył studia na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w 1997 r. Tam też rozpoczął pracę, najpierw, w latach 1997-2002, na stanowisku asystenta. Pracę doktorską zatytułowaną *Numeryczno-eksperymentalna analiza*

stateczności oraz nośności granicznej powłoki walcowej wzmocnionej profilami zamkniętymi obronił przed Radą Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w 2002 r. (promotor: prof. Henryk Kopecki). Od 2002 r. Kandydat jest zatrudniony na tym wydziale na stanowisku adiunkta, najpierw w Katedrze Mechaniki Stosowanej i Robotyki (do 2005 r.), a następnie (do dzisiaj) w Katedrze Samolotów i Silników Lotniczych. Tam też wykonał badania naukowe przedstawione w jednotematycznym cyklu prac i w pozostałych publikacjach.

Dorobek naukowy Habilitanta można uznać za co najmniej znaczący. Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych opublikował On 9 prac, w tym 1 artykuł w czasopiśmie krajowym oraz 8 referatów na konferencje, przeważnie krajowe.

Uwzględniając publikacje wyszczególnione w jednotematycznym cyklu prac, na dorobek naukowy Kandydata, po uzyskaniu przez Niego stopnia doktora nauk technicznych, składa się 29 prac (z czego 24 samodzielne), w tym:

- 23 publikacje oryginalne (z czego 20 samodzielnych);
- 2 publikowane współautorskie referaty wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych;
- 4 publikowane samodzielne referaty wygłoszone na konferencjach krajowych.

Spośród 23 oryginalnych prac twórczych opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora należy wyróżnić:

- 8 artykułów w uznanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym indeksowanych przez Journal Citation Reports (z czego 6 samodzielnych);
- 4 samodzielne artykuły w innych czasopismach o zasięgu międzynarodowym;
- 7 artykułów w czasopiśmie o zasięgu krajowym (z czego 6 samodzielnych);
- 4 samodzielne rozdziały w anglojęzycznych monografiach.

Należy zwrócić szczególną uwagę na prace dr inż. Lucjana Witka opublikowane po obronie doktoratu w dwóch uznanych czasopismach o zasięgu światowym:

- *Engineering Failure Analysis* (5 prac samodzielnych i 2 prace współautorskie) – IF = 0.428-0.945;
- *Journal of Aircraft* (1 praca autorska) – IF = 0.591;

Spośród nich, oprócz omówionych już prac zaliczonych jako osiągnięcie naukowe, ze względu na oryginalność tematyczną, rangę wydawnictwa oraz zaangażowanie Kandydata, należy także wymienić:

1. Witek L. (2006), Stress and fatigue analysis of modified wing-fuselage connector for the agricultural aircraft, *Journal of Aircraft*, Vol. 43 (IF = 0.591);
2. Witek L. (2006), Failure analysis of the wing-fuselage connector of an agricultural aircraft, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 13 (IF = 0.428);
3. Witek L., Orkisz M., Wygonik P., Musili D. N., Kowalski T. (2011), Failure analysis of a turbine casing, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 18 (IF = 0.817).

Pozostałe artykuły ukazały się w czasopismach: *Journal of Theoretical and Applied Mechanics* (1 praca), *Aviation* (2 prace), *Combustion Engines* (1 praca), *Przegląd Mechaniczny* (3 prace), *Journal of Aeronautica Integra* (2 prace), *Transactions of the Institute of Aviation* (2 prace).

Sumaryczny współczynnik cytawalności (Impact Factor) publikacji naukowych w czasopiśmie z listy Journal Citation Reports, autorstwa lub współautorstwa Kandydata, wyniósł 5.788, co jest wynikiem zadawalającym.

Jako stosunkowo skromny należy ocenić udział Habilitanta w renomowanych konferencjach międzynarodowych z zakresu mechaniki oraz budowy maszyn (przede wszystkim mechaniki ciała stałego oraz zmęczenia konstrukcji lotniczych). Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczył On jedynie w:

- International Conference on Numerical Method in Continuum Mechanics (Żylinia 2003);
- 24th International Committee on Aeronautical Fatigue (ICAF) Symposium (Neapol 2007).

Może to jednakże świadczyć o niewystarczającym finansowaniu badań naukowych Kandydata i braku środków na wyjazdy zagraniczne.

O wysokim poziomie naukowym prac dr inż. Lucjana Witka świadczy fakt ich cytowania przez innych autorów, szczególnie w uznanych czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. Kandydat w dokumentacji przewodu habilitacyjnego wykazał 22 cytowania (bez autocytowań) zgodnie z bazą Web of Science. Indeks Hirscha dla Jego dorobku publikacyjnego wyniósł 3. Wynik ten można uznać także za zadawalający w przypadku osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych.

Zainteresowania naukowe Kandydata po uzyskaniu stopnia doktora koncentrują się wokół metod analizy i modelowania inicjacji i propagacji pęknięć zmęczeniowych w elementach konstrukcji lotniczych w warunkach obciążeń dynamicznych. Główne kierunki Jego badań można zawrzeć w następujących punktach:

1. numeryczne modelowanie pól naprężeń i odkształceń w elementach konstrukcji lotniczych z wykorzystaniem metody elementów skończonych;
2. analiza przyczyn pęknięcia rzeczywistych elementów konstrukcji lotniczych;
3. prognozowanie wytrzymałości i trwałości zmęczeniowej konstrukcji lotniczych w zakresie obciążeń nisko- i wysokocyklowych oraz modelowanie rozwoju pęknięć zmęczeniowych;
4. metody badań doświadczalnych trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcji lotniczych (także wstępnie uszkodzonych) oraz propagacji pęknięć zmęczeniowych w warunkach obciążeń dynamicznych;
5. analiza drgań i wyznaczanie charakterystyk dynamicznych elementów silników lotniczych;
6. stateczność oraz nośność graniczna prętów oraz powłok walcowych;
7. numeryczne modelowanie procesu nitowania blach z wykorzystaniem metody elementów skończonych.

Wymienione kierunki badawcze znalazły odzwierciedlenie w wymienionych wcześniej publikacjach (przede wszystkim tych opublikowanych w czasopiśmie z tzw. „listy filadelfijskiej”), w tym zaliczonych do osiągnięcia naukowego Habilitanta.

Ważne miejsce w dorobku Kandydata zajmuje współpraca z zagranicznymi instytucjami naukowymi, a w szczególności z the National Research Council Canada Institute for Aerospace Research (NRC Aerospace, Ottawa). Podczas 9-miesięcznego stażu był On wykonawcą projektu badawczego finansowanego ze środków NATO, realizowanego w tym instytucie w latach 2003-2004, dotyczącego niezawodności i trwałości zmęczeniowej turbinowych silników lotniczych.

Należy dodać, iż dr inż. Lucjan Witek kierował w latach 2009-2012 projektem badawczym własnym *Badania prędkości propagacji pęknięć zmęczeniowych w łopatkach turbinowych silników lotniczych* finansowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, realizowanym w Politechnice Rzeszowskiej. Był On ponadto wykonawcą projektu rozwojowego realizowanego w latach 2007-2011 w Politechnice Rzeszowskiej, dotyczącego latającej platformy badawczej. Jak można zauważyć tematyka tych projektów była ściśle związana z głównymi kierunkami działalności Kandydata.

Habilitant brał także udział w 4 pracach badawczych zleconych przez przedsiębiorstwa z branży lotniczej, takie jak: WSK PZL Rzeszów SA oraz WSK PZL Krosno. Dotyczyły one przeważnie obliczeń pól naprężeń i odkształceń oraz trwałości zmęczeniowej, a także analizy drgań elementów turbinowych silników lotniczych, a także izotermicznych cystern poddanych złożonym obciążeniom.

Podsumowując ocenę dorobku naukowego Habilitanta należy stwierdzić, że dorobek ten, w mojej opinii, ma wymiar międzynarodowy i spełnia bez zastrzeżeń wymagania stawiane przy nadawaniu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych. Na podkreślenie zasługują przede wszystkim liczne prace opublikowane w uznanych czasopismach o zasięgu światowym, cytowane przez innych badaczy.

III. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dorobek organizacyjny Kandydata po uzyskaniu przez niego stopnia doktora związany jest przede wszystkim z organizacją i uruchomieniem przez Niego w 2011 r. Laboratorium Wytrzymałości i Dynamiki Maszyn Wirnikowych w Katedrze Samolotów i Silników Lotniczych na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej. Nadzorował On m.in. uruchomieniu nowej aparatury i stanowisk badawczych: nowoczesnego systemu wibracyjnego, czy też laserowego wibrometru skanującego. Brał również udział w pracach Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w roku 2003.

Należy także podkreślić fakt recenzowania przez Niego prac nadsyłanych do uznanych czasopism naukowych: *Engineering Failure Analysis*, *Mechanism & Machine Theory* oraz *Meccanica*.

Dorobek dydaktyczny dr inż. Lucjana Witka związany jest ściśle z kształceniem studentów w Politechnice Rzeszowskiej (na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa). Zasadnicze Jego osiągnięcia są następujące:

- prowadzenie zajęć dydaktycznych (wykładowych, ćwiczeniowych i projektowych) oraz przygotowanie autorskich programów nauczania i konspektów w zakresie następujących przedmiotów: *wytrzymałość materiałów, wytrzymałość maszyn wirnikowych, wytrzymałość i dynamika maszyn wirnikowych, komputerowe wspomaganie projektowania silników lotniczych, wytrzymałość konstrukcji lotniczych, metoda elementów skończonych* oraz *język angielski techniczny*.
- udział w projekcie w ramach programu MNiSW *Zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki* (projekt uzyskał finansowanie w 2011 r.);
- promotorstwo 12 prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich), z czego 7 na potrzeby firmy WSK PZL Rzeszów.

Za osiągnięcia w pracy naukowej Kandydat był wyróżniany nagrodami naukowymi indywidualnymi i zespołowymi, między innymi Komitetu Mechaniki PAN (I stopnia) w 2007 r., Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej im. Prof. Jana Szmeltera w 2003 r. oraz Rektora Politechniki Rzeszowskiej (w latach: 2003, 2007 i 2010).

Przedstawiony do oceny dorobek dydaktyczny i organizacyjny dr inż. Lucjana Witka, w mojej opinii, spełnia wymagania stawiane przy nadawaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego.

IV. Ocena końcowa

Podsumowując ocenę dorobku, przede wszystkim naukowego, w tym osiągnięcia naukowego dr inż. Lucjana Witka, stwierdzam, że:

1. przedstawiony jednotematyczny cykl publikacji naukowych zawiera oryginalny wkład do dyscypliny: *budowa i eksploatacja maszyn*, w szczególności do specjalności: *wytrzymałość i dynamika konstrukcji lotniczych*.
2. Kandydat wykazał się biegłą znajomością metod analitycznych, numerycznych i doświadczalnych mechaniki, zastosowanych przede wszystkim do analizy trwałości zmęczeniowej i pęknięcia oraz drgań elementów konstrukcji lotniczych.
3. Habilitant ma bardzo dobry dorobek naukowy, w dużej mierze opublikowany w uznanych czasopismach naukowych o zasięgu światowym, w tym 8 artykułów w czasopismach z tzw. „listy filadelfijskiej”, takich jak: *Engineering Failure Analysis* oraz *Journal of Aircraft*, wielokrotnie (22 razy) cytowanych przez innych badaczy.
4. Jest On uznanym specjalistą, o międzynarodowej renomie, z zakresu wytrzymałości i trwałości zmęczeniowej konstrukcji lotniczych.

Uważam, że jednotematyczny cykl publikacji oraz dotychczasowy dorobek naukowy dr inż. Lucjana Witka spełniają bez zastrzeżeń wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego przez Ustawę o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach naukowych i tytułach w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. z późniejszymi zmianami. W związku z powyższym, wniosek o nadanie dr inż. Lucjanowi Witkowi stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie *budowa i eksploatacja maszyn*, uważam za jak najbardziej zasadny.

