

Łódź, 30 marca 2020 r.

prof. dr hab. inż. Zbigniew Kozanecki  
POLITECHNIKA ŁÓDZKA  
Instytut Maszyn Przepływowych  
93-005 Łódź  
ul. Wólczańska 219/223  
tel. (42) 631 23 61 fax. (42) 636 13 83  
e-mail: [zbigniew.kozanecki@p.lodz.pl](mailto:zbigniew.kozanecki@p.lodz.pl)

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej i ocena dorobku naukowego  
dr inż. Radosława Przysowy opracowana na podstawie pisma Centralnej Komisji do  
spraw Stopni i Tytułu - sygn. BCK-VI-L-9522/2019**

Dr inż. Radosław Przysowa ukończył studia na Wydziale Inżynierii Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej w roku 2001. Już w tym okresie habilitant zajmował się zagadnieniami związanymi z funkcjonowaniem silników turbinowych, bowiem jego praca dyplomowa dotyczyła opracowania modelu dwuprzepływowego silnika odrzutowego.

Po ukończeniu studiów pełnił służbę w 2 Bazie Lotniczej w Bydgoszczy a w 2002 roku podjął pracę w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych w Zakładzie Silników Lotniczych,

W roku 2007 habilitant uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn po przedstawieniu w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych rozprawy pod tytułem „Ocena stanu technicznego zespołu wirnikowego turbinowego silnika lotniczego z wykorzystaniem cyfrowych metod przetwarzania sygnału pomiarowego pochodzącego od łopatek”.

Na podstawie analizy dorobku naukowego można stwierdzić, że głównym nurtem zainteresowań naukowych habilitanta był rozwój bezinwazyjnych metod diagnostyki stanu dynamicznego wirujących wieńców łopatkowych maszyn przepływowych na podstawie analizy sygnałów drganiowych pochodzących od łopatek. Te metody, wykorzystywane często w badaniach eksperymentalnych i w diagnostyce układów łopatkowych maszyn przepływowych, znane są w literaturze pod ogólną nazwą „*blade tip-timing*”.

Złożonej i trudnej problematyce obróbki i interpretacji sygnałów pomiarowych rejestrowanych trakcie prowadzenia badań wirujących wieńców łopatkowych maszyn przepływowych metodami „*blade tip-timing*” poświęcona jest przedstawiona do recenzji rozprawa dr inż. Radosława Przysowy pt. „*Metody estymacji parametrów drgań łopatek sprężarki osiowej*”.

Jak wynika z przesłanej dokumentacji wszczętego postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych i w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, stanowi ona wraz z monotematycznym cyklem kilku publikacji związanych z rozwojem metody „*blade tip-timing*” główne osiągnięcie naukowe autora i jako taka została przedstawiona do recenzji.

Warto tu wspomnieć, że cała działalność naukowa habilitanta jest ściśle związana z rozwojem bezdotykowej metody pomiaru drgań wirujących łopatek i jej zastosowaniem w maszynach przepływowych. Tematyka ta od wielu lat była intensywnie rozwijana w macierzystej instytucji autora (ITWL) i jego przedstawione do recenzji osiągnięcie naukowe stanowi kontynuację prac wykonanych i wdrożonych wcześniej do praktyki eksploatacyjnej.

### **Recenzja rozprawy habilitacyjnej**

W wersji przedstawionej do recenzji rozprawa obejmuje 5 rozdziałów i liczy w całości 107 stron wraz z załącznikiem obejmującym spis literatury. Z uwagi na zakres poruszanych zagadnień, jej tytuł jest adekwatny do treści.

W części wstępnej rozprawy autor wprowadza czytelnika w rozważaną problematykę i uwarunkowania związane z bezkontaktowym pomiarem drgań wirujących wieńców łopatek oraz charakteryzuje wykorzystywane w jego badaniach rozwiązania sprzętowe i programowe.

Treść rozdziału 2 również zawiera rozważania i dyskusję różnych stosowanych układów i rozwiązań programowych detektora fazy przejścia łopatki determinującego moment jej pojawienia w obszarze pomiarowym. Ich celem jest możliwie dokładne ustalenie w czasie momentu pojawienia się każdej kolejnej łopatki wieńca wirującego, co ma w rozważanej metodzie analizy kluczowe zagadnienie determinujące poprawność uzyskanych wyników.

Pewien niedosyt budzi tu brak dyskusji ograniczeń rozważanej metody pomiaru w konsekwencji pojawienia się zjawisk fizycznych, których obecność może znacząco zniekształcić uzyskane wyniki pomiaru drgań wirujących łopatek. Przykładowo mogą to być niewielkie fluktuacje częstości obrotów zespołu wirującego maszyny związane z niestacjonarną pracą układu przepływowego sprężarki lub drgania skrętne wału silnika turbinowego w rzeczywistych warunkach funkcjonowania.

W rozdziale 3 przedstawiono podstawy teoretyczne metod przetwarzania sygnałów pomiarowych z niską częstotliwością próbkowania przy pomiarach drgań synchronicznych i asynchronicznych łopatek w przypadku zastosowania kilku czujników pomiarowych obserwujących wirujący wieńiec łopatkowy.

Opis modyfikacji układu pomiarowego i przygotowania do badań eksperymentalnych drgań łopatek wieńców sprężarkowych wybranego obiektu - silnika SO3 stanowi treść rozdziału 4 monografii. Ponieważ jest to obiekt, który był często wykorzystywany we wcześniejszych badaniach prowadzonych w ITWL, trudno się zorientować, które z wyników badań prezentowanych w końcowej części monografii dotyczą eksperymentów wykonanych przez habilitanta a które zaczerpnięto z wcześniej opublikowanych badań tego obiektu.

W podsumowaniu i wnioskach autor podkreśla, że wprowadzone przez niego modyfikacje układu pomiarowego (zwiększenie liczby czujników pomiarowych oraz zmodyfikowany system obróbki i akwizycji danych pomiarowych) znacząco zwiększa potencjalne możliwości wykorzystania bezdotykowej metody pomiaru drgań wirujących

łopatek maszyn przepływowych. Może to stanowić element jego własnego wkładu w bazę wiedzy związaną z tym kierunkiem badań dynamiki łopatkowych maszyn przepływowych.

### **Uwagi krytyczne**

Lektura całości pracy skłania do sformułowania kilku uwag krytycznych:

1. Przedstawiona do recenzji monografia składa się z kilku rozdziałów, których każdy tworzy odrębną całość i dotyczy różnych aspektów poruszanej tematyki. Niestety Autor nie zdecydował się na krótkie podsumowanie każdego z rozdziałów. Utrudnia to czytanie pracy i nie pozwala na rozróżnienie treści, które umownie nazwać można „historycznymi” i które dokumentują badania eksperymentalne wykonane w ITWL przed wielu laty, z nowymi wynikami stanowiącymi autorskie osiągnięcie habilitanta.
2. W przypadku analizy dynamiki wirujących wieńców łopatkowych, poza aspektem metrologicznym związanym z działaniem układu pomiarowego, znaczący wpływ na wyniki rejestrowanych pomiarów drgań ma szereg innych czynników. Należą do nich fluktuacje częstości obrotów wału maszyny związane ze niestacjonarną pracą układu przepływowego sprężarki i drganiami skrętnymi zespołu wirującego czy też rozrzut częstości drgań własnych poszczególnych łopatek wieńca z uwagi na dokładność wykonania zamka (wrębu i stopki) co wpływa na sztywności mocowania stopki w tarczy. Brak dyskusji tych czynników obniża wartość merytoryczną opiniowanej monografii.
3. Autor nie ustrzegł się szeregu uchybień mających charakter redakcyjny związany z nieprecyzyjnym językiem wykorzystywanym do opisu zjawisk fizycznych. Sformułowania typu „...odkształcenie łopatki mierzone przez czujnik...” zamiast „...przemieszczenie łopatki mierzone przez czujnik...” czy też „...*dla drgań asynchronicznych, takich jak wirujące strefy oderwań, pompaż lub flutter ....*” – co jest oczywiście nieścisłym opisem fizyki zjawiska (str. 49).

### **Ocena rozprawy habilitacyjnej**

Recenzowana rozprawa, której głównym elementem są opisy aspektów metrologicznych związanych z badaniami eksperymentalnymi dynamiki układów łopatkowych dotyczy analizy i wyjaśnienia ważnych problemów eksploatacji sprężarek osiowych lotniczych silników odrzutowych. Stanowi ona rozwinięcie i pewne uzupełnienie bazy wiedzy powstałej w ITWL w trakcie realizacji w ciągu ostatnich dekad w tym ośrodku naukowym wielu projektów badawczych związanych z wykorzystaniem bezkontaktowych metod pomiaru drgań wirujących wieńców łopatkowych. Wyniki tych badań były w przeszłości wielokrotnie publikowane i aplikowane do praktyki eksploatacyjnej lotniczych silników turbinowych.

W trakcie lektury monografii widoczne jest dobre rozeznanie Autora w problematyce badań diagnostycznych dynamiki wirujących wieńców łopatkowych maszyn osiowych metodą bezkontaktową nabyte w trakcie uczestniczenia w wielu projektach realizowanych w ITWL w ciągu kilku ostatnich dekad.

Zebrane przez niego doświadczenia związane badaniami dynamiki układów łopatkowych zimnej części silników lotniczych zaowocowały opracowaniem nowych procedur i aktualizacji metodyki pomiaru i interpretacji wyników badań drgań wirujących łopatek metodą bezkontaktową „*blade tip-timing*”.

Rozwijane i udoskonalone z udziałem Autora oprzyrządowanie diagnostyczne umożliwiające wykrywanie w trybie „*on line*” nadmiernych poziomów drgań wirujących łopatek stanowi znaczący wkład w dziedzinie diagnostyki wirnikowych maszyn przepływowych. Zamieszczone w recenzji monografii uwagi krytyczne nie podważają jej oryginalnych wyników.

### **Wnioski**

1. Recenzowana praca habilitacyjna jest rozprawą naukową dokumentującą wiedzę Autora w dziedzinie badań eksperymentalnych i eksploatacji lotniczych silników turbinowych.
2. Opracowane przez Autora modyfikacje narzędzi badawczych w postaci nowych algorytmów i procedur pomiarowych dedykowanych pomiarom drgań wirujących łopatek stanowią wkład w rozwój diagnostyki eksploatacyjnej i technik badań eksperymentalnych łopatkowych maszyn przepływowych.
3. Rozprawa w stopniu dostatecznym spełnia wymagania stawiane pracom habilitacyjnym w zakresie oryginalności i poziomu stosowanych metod badawczych.

### **Ocena dotychczasowego dorobku naukowego Habilitanta**

Dorobek naukowy dr inż. Radosława Przysowy obejmuje autorstwo i współautorstwo 13 artykułów opublikowanych w czasopismach krajowych i zagranicznych (wg. Scopus) z czego 12 po uzyskaniu stopnia doktora. Trzy z tych publikacji znajduje się w bazie Web of Science a indeks Hirscha według tej bazy wynosi 1 (3 według bazy Scopus).

Ten dość skromny dorobek publikacyjny w pewnej mierze jest rekompensowany dużą aktywnością habilitanta związaną z udziałem w wielu projektach badawczych krajowych i międzynarodowych (20 projektów badawczych) oraz aktywnym uczestnictwem w konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych (16 wygłoszonych referatów).

Obok publikacji w czasopismach i materiałach konferencyjnych ważną częścią dorobku zawodowego i naukowego dr inż. Radosława Przysowy jest autorstwo i współautorstwo 84 niepublikowanych raportów technicznych oraz 21 ekspertyz technicznych.

Głównym osiągnięciem naukowym dr inż. Radosława Przysowy, stanowiącym wkład w rozwój dyscypliny *Budowa i Eksploatacja Maszyn* (obecnie *Inżynieria Mechaniczna*) jest cykl powiązanych tematycznie publikacji pt. „Monitorowanie stanu technicznego sprzężarek i turbin za pomocą bezdotykowej metody pomiaru drgań łopatek” składający się z autorskiej monografii i ośmiu artykułów w czasopismach, w tym dwóch z listy JCR oraz jednego patentu.

### Wniosek końcowy

Na podstawie oceny rozprawy habilitacyjnej i całokształtu dorobku naukowego i zawodowego dr inż. Radosława Przysowy stwierdzam, że w stopniu dostatecznym spełniają one wymagania i warunki zawarte w obowiązującej *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*, co może stanowić podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

