

**Prof. dr hab. inż. Stanisław Mroziński**

Bydgoszcz, 10.04.2026 r.

Laboratorium Badań Materiałów i Konstrukcji

Wydział Inżynierii Mechanicznej

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

## **RECENZJA**

osiągnięcia naukowego oraz całokształtu aktywności naukowej

**dr. inż. Arkadiusza Bednarza**

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*

### **1. PODSTAWY PRAWNE**

#### Podstawa opracowania

Recenzja została opracowana na podstawie **Uchwały nr 01/01/2026 RDIMech Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza** z dnia 21 stycznia 2026 r. *dotyczącej powołania składu Komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, wszczętego na wniosek dra inż. Arkadiusza Bednarza.*

Jako osiągnięcia naukowe Habilitant przedstawił:

- monografię naukową,
- cykl powiązanych tematycznie dziewięciu publikacji,
- 1 oryginalne osiągnięcie projektowe.

Osiągnięciu naukowemu habilitant nadał wspólny tytuł:

**„Ocena wpływu warunków pracy, geometrii i technologii wykonania  
na wytrzymałość zmęczeniową sprężarki z silnika lotniczego”.**

Ponadto do wniosku Habilitant dołączył:

- a) dane wnioskodawcy,
- b) kopię dokumentu potwierdzającego nadanie stopnia doktora,
- c) autoreferat w języku polskim,
- d) wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,
- e) monografię naukową,
- f) kopie publikacji powiązanych tematycznie i wchodzących w skład osiągnięcia naukowego,
- g) oświadczenia Współautorów publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego,
- h) kopie ważniejszych dokumentów potwierdzających pozostałe osiągnięcia.

Akty prawne stanowiące podstawę opracowania recenzji oraz obowiązujące kryteria oceny

Recenzja została wykonana zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2024 poz. 1571 z późniejszymi zmianami). Zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* Rozdział 3 Art. 219 stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- 1) posiada stopień doktora;
- 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
  - a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub
  - b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub
  - c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
- 3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego. Obowiązek publikacji nie dotyczy osiągnięć, których przedmiot jest objęty ochroną informacji niejawnych.

Habilitant spełnia wymaganie zawarte w Art. 219, ust. 1 pkt 1 Ustawy. Uzyskał stopień doktora nauk technicznych w roku 2019. Spełnienie pozostałych wymagań wynikających z art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* zostanie omówione poniżej.

## **2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KANDYDATA**

Dr inż. Arkadiusz Bednarz ukończył w 2014 roku studia magisterskie na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza. Pracę magisterską pod tytułem „*Analiza wytrzymałościowa łopatki sprężarki silnika turbinowego*” wykonał pod opieką naukową dra. hab. inż. Lucjana Witka, prof. PRz. Na tym samym wydziale uzyskał w roku 2019 stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna. Rozprawa doktorska nosiła tytuł „*Numeryczno-eksperymentalna analiza naprężeń oraz trwałości zmęczeniowej łopatek z uszkodzeniami w zakresie drgań rezonansowych*”. Promotorem rozprawy był również dr hab. inż. Lucjan Witek, prof. PRz.

Habilitant od roku 2014 pracuje w Politechnice Rzeszowskiej w Katedrze Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej (wcześniej Katedra Samolotów i Silników Lotniczych). W latach 2014-2019 był zatrudniony na stanowisku asystenta w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych, a od roku 2019 na stanowisku adiunkta w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych. Kandydat ubiega się o nadanie stopnia doktora habilitowanego po raz pierwszy.

## **3. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO**

### Ogólna charakterystyka osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, wynikające z art. 219, ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2023 poz. 742) Habilitant przedstawił **samodzielną monografię naukową** (zgodnie z art. 219 ust. 1. Pkt 2a ustawy), cykl **9 powiązanych tematycznie publikacji** (zgodnie z art. 219 ust 1. Pkt 2b ustawy)

oraz **1 oryginalne osiągnięcie projektowe konstrukcyjne, technologiczne** (zgodnie z art. 219 ust 1. Pkt.2c ustawy).

Cztery publikacje wchodzące w skład cyklu są samodzielne, natomiast pozostałe pięć to publikacje wieloautorskie. Na podstawie dostarczonych dokumentów trudno w sposób jednoznaczny określić w nich procentowy udział Habilitanta. Jednak biorąc pod uwagę informacje podane przez Współautorów w oświadczeniach można stwierdzić, że udział habilitanta był wiodący. Świadczy o tym między innymi jego udział w prawie wszystkich etapach przygotowania poszczególnych publikacji. Ponadto w pracach wieloautorskich Habilitant jest zawsze wymieniany na pierwszym miejscu oraz pełni funkcję autora korespondencyjnego. Uzasadnione jest więc stwierdzenie, że Habilitant odgrywał wiodącą rolę w redagowaniu ocenianego cyklu publikacji.

#### Charakterystyka monografii naukowej

Podsumowaniem badań Habilitanta poświęconych analizie różnych czynników mających wpływ na wytrzymałość zmęczeniową wirnika sprężarki osiowej z silnika lotniczego jest monografia pod tytułem „*Wpływ warunków pracy i technologii wykonania na wytrzymałość zmęczeniową łopatek sprężarki osiowej*”. Monografia została wydana w roku 2025 przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej. Głównym celem naukowym rozprawy habilitacyjnej była ocena szeregu czynników wpływających na wytrzymałość i trwałość zmęczeniową łopatki sprężarki osiowej z silnika lotniczego. Jako cele szczegółowe wyróżniono między innymi:

- określenie wpływu temperatury na właściwości zmęczeniowe stopu martenzytycznego w kontekście obliczeń zmęczeniowych metodą lokalnego odkształcenia,
- weryfikację wpływu temperatury pracy na analityczne modele zmęczeniowe,
- analizę porównawczą danych zmęczeniowych analitycznych i eksperymentalnych,
- wykorzystanie narzędzi inżynierii odwrotnej do budowy modelu geometrycznego łopatki,
- wstępną weryfikację wytrzymałości i deformacji łopatki przy użyciu metod analitycznych,
- numeryczną ocenę wpływu wirowania, temperatury i obciążeń aerodynamicznych na stan naprężenia i trwałość zmęczeniową łopatki sprężarki (z użyciem metody elementów skończonych – MES),

- określenie wpływu obróbki powierzchniowej na uplastycznienie powierzchni roboczych łopatk i uzyskane naprężenie szczątkowe,
- zbadanie wpływu naprężenia szczątkowego na trwałość zmęczeniową,
- opracowanie modelu ortotropowego łopatk i przeprowadzenie numerycznej weryfikacji stanu naprężeń w łopatce wykonanej metodą druku 3D (SLM).

Omawiane w monografii zjawiska i tematy wywodzą się z kilku dziedzin nauki, przez to przygotowane opracowanie ma charakter interdyscyplinarny. W ramach monografii habilitacyjnej zrealizowano kompleksowy program badawczy obejmujący między innymi przegląd literatury w zakresie trwałości zmęczeniowej komponentów lotniczych oraz realizację badań eksperymentalnych, opracowanie modelu geometrycznego łopatk sprężarki osiowej, obliczenia zmęczeniowe, ocenę wpływu obróbki powierzchniowej na trwałość oraz ocenę możliwości wykorzystania druku 3D w produkcji łopatek sprężarki.

Szczegółowa analiza zawartości monografii pozwala zauważyć, że zamieszczone w niej niektóre wyniki zostały wcześniej wykorzystane przez Autora w publikacjach autorskich, jak i współautorskich wchodzących w skład cyklu publikacji. Publikacjami tymi są np. publikacja [A2] na stronie 70 i 71 monografii, publikacja [A4] na stronach 152-158 oraz publikacja [A5] na stronach 67-68.

W monografii, jak również w artykułach naukowych omówionych dalej, Habilitant dokonał weryfikacji i porównania wielu modeli zmęczenia materiału. Porównania dokonał między innymi w kontekście ich czułości na wpływ temperatury. Punktem odniesienia były dla Habilitanta w większości wyniki własnych badań eksperymentalnych, które nasuwają jednak bardzo dużo wątpliwości. Ze względu na wagę tego problemu oraz jego wpływ na ocenę końcową osiągnięcia naukowego Habilitanta, temu problemowi poświęcono w recenzji więcej miejsca zestawiając tylko najważniejsze uwagi recenzenta dotyczące warunków badań zmęczeniowych prowadzonych przez Habilitanta i zamieszczonych w monografii.

1. Eksperymentalne badania zmęczeniowe Habilitant prowadził w warunkach kontrolowanego odkształcenia  $\varepsilon_{ac} = \text{const}$  z wykorzystaniem próbek klepsydrowych. Norma ASTM E606/606M przewiduje możliwość wykorzystywania podczas testów niskocyklowych próbek klepsydrowych oraz walcowych. Jednak próbki klepsydrowe zaleca się stosować jedynie w przypadku odkształceń całkowitych  $\varepsilon_{ac} > 2\%$ . Wśród poziomów odkształcenia przyjętych do badań przez Habilitanta tylko jeden poziom spośród siedmiu ( $\varepsilon_{ac} = 3,53\%$ ) jest wyższy od poziomu zalecanego dla tych próbek w normie.

2. Zgodnie z ASTM E606/E606M zastosowanie próbek klepsydrowych wiąże się z istotnymi ograniczeniami. W normie wskazano np. na niepewność interpretacji wyników uzyskanych z wykorzystaniem takich próbek. W przypadku zastosowania próbek klepsydrowych ich odkształcenia wyznacza się pośrednio na podstawie pomiaru średnicowego, co powoduje wpływ anizotropii i zmienności współczynnika Poissona w funkcji liczby cykli obciążenia. Wymaga to przeliczenia odkształceń poprzecznych na odkształcenie osiowe. W efekcie interpretacja wyników może być obarczona dodatkowymi niepewnościami.
3. Ze względu na długi czas trwania eksperymentu (czas trwania jednej próby zmęczeniowej) Habilitant postanowił w prosty sposób go przyspieszyć i w ramach jednej serii próbek zastosował dwie częstotliwości:  $f = 1$  Hz dla odkształceń  $\varepsilon_{ac} > 0,4$  % oraz  $f = 10$  Hz dla odkształceń  $\varepsilon_{ac} < 0,4$  %. Przyjęte przez Habilitanta poziomy częstotliwości są zdaniem recenzenta niewłaściwe. Częstotliwość obciążenia powinna być stała przy badaniu poszczególnych próbek, jak również w obrębie serii badań. Częstotliwość okresowych zmian wielkości sterującej należy przyjąć tak, aby nie spowodować nagrzania się próbki o więcej niż  $20$  °C. Z tego względu w normie zaleca się prowadzić badania niskocyklowe przy częstotliwości obciążenia  $f = 0,2$  Hz. Przy doborze częstotliwości badań należy pamiętać również o tym, aby nie wprowadzać błędów przy rejestracji pętli histerezy, szczególnie przy jej wierzchołkach. W monografii, jak i we wszystkich publikacjach Habilitanta, recenzent nie znalazł ani jednej zarejestrowanej podczas badań pętli histerezy, która potwierdzałaby powyższe założenie.
4. Ze względu na bardzo wysoką częstotliwość obciążenia przyjętą podczas badań ( $10$  Hz) w obszarze występowania odkształceń plastycznych próbka musiała podlegać bardzo silnemu nagrzewaniu w trzech niewiele różniących się temperaturach otoczenia  $T = 20$  °C,  $T = -80$  °C oraz  $T = 200$  °C. Habilitant nie przeprowadził żadnych badań wstępnych mających na celu sprawdzenie w jakim stopniu przyjęta częstotliwość powodowała przyrost temperatury próbki. Zdaniem recenzenta na ostateczną temperaturę próbki bardzo duży wpływ miała przyjęta częstotliwość obciążenia, a nie - tak jak zakładał Habilitant - monitorowana temperatura otoczenia.
5. Podczas niskocyklowych badań zmęczeniowych bardzo ważna jest liczba próbek zrealizowanych na jednym poziomie. Powinna ona być jednakowa dla wszystkich poziomów i wynosić co najmniej trzy próbki. Trudne podczas opracowania, a następnie interpretacji są wyniki badań, w których na najwyższych poziomach odkształcenia są wykonywano trzy próby, a na najniższych tylko jedna. Podczas niskocyklowych badań

zmęczeniowych najmniejszy rozrzut wyników obserwuje się na najwyższych poziomach odkształcenia. Rozrzut wyników trwałości wzrasta wraz z obniżaniem poziomu odkształcenia czy naprężenia. Dla przykładu na poziomie granicy zmęczenia rozrzut uzyskanych trwałości może wynosić nawet kilkadziesiąt procent. Ograniczenie liczby próbek na tych poziomach, a następnie wnioskowanie o uzyskanej trwałości na podstawie uzyskanych wyników budzi bardzo wiele wątpliwości.

6. Uzyskane wyniki trwałości zmęczeniowej w różnych temperaturach Habilitant poddaje analizie z wykorzystaniem wykonanych wykresów  $\varepsilon_{ac} = f(2N_f)$  opisanych równaniem Mansona-Coffina-Basquina. Wpływ temperatury na trwałość Habilitant tłumaczy na podstawie położenia wykonanych wykresów zmęczeniowych. Zdaniem recenzenta wykonane wykresy (rys. 4.8b) się przecinają i tym samym podważają wniosek Habilitanta o wpływie temperatury na trwałość. Habilitant nie przeprowadził żadnego testu statystycznego, który np. pozwoliłby odrzucić hipotezę o równości trwałości zmęczeniowej w trzech niewiele różniących się temperaturach. W podsumowaniu rozdziału monografii poświęconego badaniom eksperymentalnym Habilitant podaje, że udało mu się eksperymentalnie określić wpływ temperatury na zależność pomiędzy odkształceniem a liczbą nawrotów. Zdaniem recenzenta tak nie jest.
7. Analiza wykorzystywanego wielokrotnie przez Habilitanta równania Mansona-Coffina-Basquina (równanie 4.2) oraz wykresów opisanych tym równaniem pozwala stwierdzić, że Habilitant używa zamiennie pojęcia liczby cykli oznaczonej jako  $N$  i liczby nawrotów (nie „zwrotów”)  $2N_f$ . Inaczej oznacza tę wielkość w równaniach, a inaczej na wykresach opisanych tym równaniem. Pojęcia te nie są tożsame.
8. Habilitant niewłaściwie podaje definicję odkształceń całkowitych występujących w równaniu 4.2. We wszystkich swoich publikacjach podaje, że amplituda odkształcenia całkowitego  $\Delta\varepsilon/2$  to średnia arytmetyczna odkształcenia sprężystego  $\varepsilon_e$  i plastycznego  $\varepsilon_p$ . Poprawnie należałoby wskazać, że amplituda odkształcenia całkowitego stanowi sumę amplitudy odkształcenia sprężystego oraz amplitudy odkształcenia plastycznego lub zastosować w opisie zakresy tych wielkości. Błąd ten Habilitant powtarza we wszystkich swoich publikacjach. Ponownie należy wskazać, że zamieszczenie przynajmniej jednej pętli histerezy wraz jej opisem pozwoliłoby jednoznacznie zdefiniować stosowane przez Habilitanta wielkości fizyczne i uniknąć wspomnianych wyżej błędów.

9. Wykres opisany równaniem 4.2 (równanie Mansona-Coffina-Basquina) to w sumie trzy wykresy ilustrujące zależność pomiędzy amplitudą odkształcenia całkowitego  $\varepsilon_{ac}$  a liczbą nawrotów  $2N_f$ , amplitudą odkształcenia sprężystego  $\varepsilon_{ae}$  a liczbą nawrotów  $2N_f$  oraz amplitudą odkształcenia plastycznego  $\varepsilon_{ap}$  a liczbą nawrotów  $2N_f$ . Recenzent nie znalazł w żadnej z prac Habilitanta pełnego wykresu opisanego równaniem 4.2. Swoje rozważania Habilitant ogranicza jedynie do analizy odkształceń całkowitych.
10. Habilitant w przeprowadzonej doświadczalnej weryfikacji różnych modeli zmęczeniowych wykorzystuje wprost współczynniki i wykładniki równania 4.2 będące efektem opracowania wyników badań niskocyklowych ( $b$ ,  $c$ ,  $\varepsilon_f'$  oraz  $\sigma_f'/E$ ). Habilitant w swojej monografii nie podaje wartości tych parametrów uzyskanych podczas swoich badań habilitacyjnych. Na rysunkach ilustrujących wyniki niskocyklowych badań w różnych temperaturach należało podać wartości współczynników i wykładników równania 4.2. Analiza tych wielkości być może ułatwiłaby Habilitantowi wyjaśnienie obserwowanych podczas badań różnic trwałości zmęczeniowej.
11. Podczas analizy uzyskanych wyników badań niskocyklowych Habilitant nic nie wspomina o zagadnieniach umocnienia czy osłabienia materiału poddanego cyklicznym odkształceniom. W swoich wcześniejszych publikacjach stwierdza, że ta właściwość materiału powinna zostać uwzględniona podczas obliczeń trwałości. Czy podczas badań eksperymentalnych Habilitanta obserwowano to zjawisko? Czy ta właściwość materiału zależała np. od poziomu odkształcenia?

Poza stwierdzonymi błędami merytorycznymi można domniemywać, że monografia była przygotowywana w pośpiechu, a przeprowadzona korekta redakcyjna bardzo powierzchowna. Potwierdzeniem są bardzo liczne błędy stylistyczne i językowe, Np. „wyniki pokazały”, „badania zwróć uwagę”, „model ptaka”, „rozmiar odkształceń”, „zasługa akustyczna”, „rozdział przedstawia”, „rysunek ukazuje” i wiele innych. W moim przekonaniu błędów tych można było uniknąć poświęcając więcej czasu końcowej redakcji monografii.

Na podstawie przedstawionych powyżej błędów formalnych oraz sformułowanych uwag stwierdzam, że przedstawiona do recenzji monografia nie spełnia kryteriów stawianych osiągnięciu naukowemu będącemu podstawą nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

## Charakterystyka cyklu publikacji naukowych

Jak wspomniano w poprzednim punkcie monografia została poprzedzona cyklem 9 publikacji, które w dużej mierze znalazły odzwierciedlenie w monografii. Na podstawie cyklu publikacji można stwierdzić, że Habilitant w swojej pracy naukowej (publikacyjnej) zajmował się wieloma problemami dotyczącymi projektowania łopatek sprężarki silnika lotniczego. W pracy [A1] przedstawił wpływ przyjętych danych materiałowych na wyniki modelowania numerycznego łopatki. Autor udowodnił, że nieuwzględnienie umocnienia cyklicznego prowadzi do niedoszacowania wartości naprężeń i odkształceń w obszarze defektu, co może skutkować błędną oceną trwałości zmęczeniowej. Zastosowanie bardziej zaawansowanego modelu materiałowego pozwoliło na uzyskanie wyników trwałości bliższych wynikom badań eksperymentalnych, co ma kluczowe znaczenie w projektowaniu i certyfikacji elementów lotniczych narażonych na cykliczne obciążenia. Do podobnych wniosków Habilitant doszedł w pracy [A2] na podstawie badań łopatek silnika w warunkach rezonansu. Habilitant potwierdził, że stosowanie uproszczonych lub niezweryfikowanych parametrów materiałowych może prowadzić do przeszacowania trwałości i błędnych decyzji projektowych. *(W przesłanej dokumentacji recenzent nie znalazł pracy [A2]. Publikacja została przesłana na prośbę recenzenta).*

W działalności naukowej Habilitant zajmował się również oceną wpływu drgań rezonansowych na trwałość łopatki sprężarki z symulowanym uszkodzeniem [A3]. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła Habilitantowi stwierdzić wyraźną zależność liczby cykli do inicjacji pęknięcia od amplitudy drgań rezonansowych. Zwiększenie amplitudy drgań prowadziło do istotnego wzrostu lokalnych odkształceń przy karbie oraz przesunięcia pola maksymalnych naprężeń w głąb materiału, co skracało przewidywaną trwałość. Na podstawie swoich badań Habilitant stwierdził, że trwałość tę można poprawić poprzez wprowadzenie do warstwy wierzchniej naprężeń ściskających (np. poprzez kulowanie). Zabieg ten Habilitant wskazał jako efektywną metodę poprawy trwałości łopatek sprężarek narażonych na drgania rezonansowe pod warunkiem starannego doboru parametrów procesu i uwzględnienia efektów dynamicznych w analizie numerycznej. Problematyce tej Habilitant i Współautorzy poświęcili prace [A4 i A5].

W swoich pracach Habilitant dużo uwagi poświęcił również zagadnieniom związanym z przebiegiem obciążenia aerodynamicznego łopatki, które wpływa na amplitudy wymuszeń, ale też na efektywną sztywność układu wirnik-stator i w konsekwencji na częstotliwości rezonansowe, co ma znaczenie dla oceny ryzyka pracy w warunkach rezonansu [A6, A8].

Habilitant w pracach zaleca włączenie scenariuszy zmiennego obciążenia do procedur diagnostycznych i prób rezonansowych oraz rozważenie monitoringu parametrów aerodynamicznych w systemach diagnostyki drgań. Szczegółowa analiza porównawcza prac [A6] i [A8] pozwala stwierdzić w sposób niebudzący żadnych wątpliwości, że praca [A8] to angielskojęzyczna wersja pracy [A6]. Pomimo, że publikacja [A8] została poprzedzona pracą [A6] to brak w niej jakichkolwiek informacji o jej statusie w stosunku do publikacji wcześniejszej. Uwagę zwraca również liczba autorów obydwu publikacji. Praca [A6] była praca samodzielną Habilitanta natomiast praca [A8] ma czterech autorów. *(Podobnie jak w przypadku pozycji [A2], publikacji [A6] recenzent również nie znalazł w przesłanej dokumentacji. Publikacja została przesłana na prośbę recenzenta).*

W jednej z kolejnych publikacji ([A7]) wchodzących w skład cyklu prac Habilitant wskazał, że oprócz danych materiałowych na wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej wpływ ma również przyjęty poziomu uproszczeń modelu. Habilitant stwierdził, że do ogólnej oceny wydajności można stosować uproszczenia, jednak przy ocenie stanów naprężeń, trwałości czy ryzyka rezonansów wymagane są bardziej rozbudowane modele. Tradycyjne analizy modalne przeprowadzane dla warunków statycznych mogą nie odzwierciedlać rzeczywistych częstotliwości własnych podczas eksploatacji w zmiennych warunkach przepływowych.

W swojej działalności naukowej Habilitant zajmował się również wpływem wydajności jednostki napędowej oraz lokalnych wielkości obciążeniowych w zależności od liczby łopatek wirnika sprężarki odśrodkowej [A9]. Habilitant stwierdził, że przyjęta liczba łopatek jest kompromisem między sprawnością, stabilnością przepływu i ograniczeniem lokalnych obciążeń mechanicznych.

Podsumowując przedstawiony do oceny cykl publikacji można stwierdzić:

1. Prace naukowe stanowiące osiągnięcie naukowe (9 publikacji) powstałe w latach 2019-2023, są tematycznie powiązane i dotyczą problemów związanych z określeniem możliwości budowania i wykorzystywania modeli zmęczeniowych w analizach łopatek sprężarek oraz wytrzymałości wirników sprężarki odśrodkowej w kontekście uproszczeń w modelowaniu obciążeń aerodynamicznych.
2. Większość publikacji Habilitanta (7) ukazało się w czasopismach posiadających współczynnik wpływu. Najważniejsze z nich to: Materials (3), Energies (1) (Czasopisma Szwajcarskie MDPI), Advances in Science and Technology Research Journal (2) (czasopismo Politechniki Lubelskiej), Scientific Reports (1).

3. Sumaryczny współczynnik wpływu publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według listy Journal Citation Reports, zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **IF = 20,271**. Dwie z publikacji ([A1] i [A6]) zostały opublikowane w czasopiśmie, które nie mają określonego współczynnika wpływu.
4. Liczba cytowań tych publikacji według bazy Web of Science wynosi **LC = 122**, bez autocytowań **LC = 101** (stan na dzień 19.10.2025 r.). Sumaryczna liczba punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego obliczona na podstawie Komunikatów Ministra Edukacji i Nauki wynosi **927** na dzień 17.10.2025 r. Indeks Hirscha Habilitanta według bazy Web of Science na ten dzień to **6**.
5. W swoich publikacjach podczas weryfikacji różnych modeli zmęczeniowych Habilitant bardzo często nawiązuje do metody obliczeń trwałości zmęczeniowej, która bazuje na analizie lokalnych odkształceń i naprężeń (publikacje [A1]-[A5]). Podstawą takiej metody obliczeń mogą być wiarygodne wyniki niskocyklowych badań zmęczeniowych. Próbę uzyskania takich wyników (w moim przekonaniu nieudaną) Habilitant podjął w ramach swojej monografii omówionej wcześniej.
6. W publikacjach dotyczących tej problematyki widać również brak spójności w oznaczeniach tych samych wielkości opisywanych np. równaniem Mansona-Coffina-Basquina, błędną metodykę określania składowych odkształceń całkowitych opisanych tym równaniem. Według oceniającego w przypadku publikacji Habilitanta zabrakło pogłębionej recenzji. Błędy i uchybienia popełnione w pierwszej publikacji np. w [A1] były następnie powielane w kolejnych publikacjach.
7. W cyklu publikacji Habilitant, w moim przekonaniu w sposób niedopuszczalny, powiększył swój dorobek przez dwukrotne dokumentowanie tego samego osiągnięcia naukowego pod różnymi tytułami (publikacje [A6] i [A8]). Obydwa artykuły dotyczą tylko jednego, tego samego osiągnięcia i jako takie powinno zostać uwzględnione w dorobku Habilitanta.

#### Charakterystyka osiągnięcia projektowego

W okresie od maja 2021 do lipca 2022 r. Habilitant zrealizował (jako wnioskodawca, lider zespołu i wykonawca – zespół 5 osobowy) autorski projekt „*Turboalternator lotniczy zintegrowany z bębniem/walem i statorem sprężarki*” (nr 10/I/2021) w ramach programu „*Inkubator Innowacyjności 4.0*” (załącznik 5.11). Celem tego programu było wsparcie procesu zarządzania wynikami badań naukowych oraz prac rozwojowych, w szczególności w zakresie

komercjalizacji otrzymanych wyników. Realizacja programu przyczyniła się do promocji proponowanego rozwiązania na targach INNOTARG 2022 i wsparcia procesu objęcia rozwiązania ochroną patentową. Efektem prac B+R był prototyp turboalternatora ukazujący możliwości wykorzystania go do rozruchu silnika lotniczego i późniejszego jego spowalniania.

Zdaniem recenzenta przedstawione do oceny osiągnięcie projektowe samo w sobie nie może być oczywiście podstawą nadania stopnia doktora habilitowanego. Stanowi jednak dowód praktycznych kompetencji Habilitanta i może uzupełniać dokumentację przedłożoną do oceny.

### Podsumowanie osiągnięcia naukowego

1. Tematykę badawczą Habilitanta oraz Jego propozycje modyfikacji procesu projektowo – konstrukcyjnego łopatki silnika lotniczego uważam za ważną i aktualną. Habilitant w swoich pracach posłużył się adekwatnymi i nowoczesnymi metodami i narzędziami badawczymi.
2. Zakres przedstawionych w monografii zagadnień obejmujących zarówno technologie materiałowe, badania materiałowe i strukturalne, badania zmęczeniowe pozwala stwierdzić, że praca ma charakter interdyscyplinarny. Powyższe wskazuje na kompetencje Habilitanta, który dość pewnie porusza się w obszarze zarówno analiz numerycznych, obliczeń analitycznych, jak i prac projektowych.
3. W dostarczonej dokumentacji (cykl publikacji) brakowało publikacji [A2] oraz [A6]. Stwierdzone uchybienia, które co prawda nie umniejszają wartości naukowej osiągnięcia nie powinny mieć miejsca w dokumencie przedstawianym do oceny Komisji Habilitacyjnej.
4. Na moją ocenę końcową osiągnięcia naukowego wpływ jednak mają popełnione najpierw w publikacjach, a następnie powielone w monografii liczne błędy merytoryczne. Należy podkreślić, że zarówno monografia, jak i publikacje przed opublikowaniem zostały poddane recenzjom. Na podstawie przeprowadzonej oceny osiągnięcia Habilitanta stwierdzam, że nie były one jednak dostatecznie wnikliwe. Pozytywne oceny uzyskane w procesie recenzowania nie zwalniają autora (autorów) z odpowiedzialności za przedstawione wyniki. Habilitant w czterech był jedynym autorem, a w przypadku pięciu pierwszym autorem i na nim spoczywa szczególna odpowiedzialność za przedstawione treści.

5. Podstawą doświadczalnej weryfikacji modeli obliczeń jest dobrze przeprowadzony eksperyment. Zdaniem recenzenta brak dobrze przeprowadzonego i niebudzącego wątpliwości eksperymentu nie pozwala sformułować obiektywnych wniosków w takim obszarze naukowym jak „**Ocena wpływu warunków pracy, geometrii i technologii wykonania na wytrzymałość zmęczeniową sprężarki z silnika lotniczego**”. Opis badań przedstawiony przez Habilitanta w monografii, warunki badań, metoda opracowania wyników budzi wiele wątpliwości. Sformułowane na podstawie wykonanych badań wnioski uważam za niewiarygodne. Habilitant w podsumowaniu badań habilitacyjnych zawartych w monografii napisał, „że udało się mu określić wpływ temperatury na trwałość zmęczeniową, a następnie wykorzystać do walidacji modeli analitycznych”. W świetle przedstawionych w recenzji dowodów trudno się zgodzić recenzentowi w tym zakresie z Habilitantem. Z tego też względu uważam, że przedstawione do oceny **osiągnięcie naukowe nie spełnia w sposób dostateczny wymagań** określonych w art. 219, ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2023 poz. 742) i **nie może stanowić podstawy do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego** w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych*, w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*.

#### **4. OCENA ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ, OSIĄGNIĘĆ DYDAKTYCZNYCH, POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ ORAZ WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNO-GOSPODARCZYM**

Ocena istotnej aktywności naukowej albo artystycznej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Oprócz autorskiej monografii, 9 publikacji (załączonych w cyklu) oraz osiągnięcia projektowego przedstawionych w ramach osiągnięcia naukowego Habilitant nie dostarczył do oceny innych publikacji obejmujących okres przed uzyskaniem stopnia doktora oraz po jego uzyskaniu. Recenzent, na ile to było możliwe, dokonał przeglądu pełnej aktywności publikacyjnej i naukowej Habilitanta przed i po ostatnim awansie. Po ostatnim awansie w roku 2019 Habilitant opublikował, oprócz cyklu 9 publikacji, 7 dodatkowych publikacji (Razem **16**). Wśród dodatkowych publikacji wszystkie publikacje są wieloautorskie (od 2 do 7 autorów). Publikacje zostały opublikowane w czasopiśmie o zbliżonej jakości do podanych przez Habilitanta w cyklu. Przed ostatnim awansem liczba publikacji wynosiła **20**.

W okresie od 2014 do 2025 roku Habilitant czynnie uczestniczył w **21** konferencjach, w tym **8** konferencjach międzynarodowych (z czego **5** przed uzyskaniem stopnia doktora) oraz **14** konferencjach krajowych (z czego **11** przed uzyskaniem stopnia doktora). Na podstawie analizy przedstawionych dowodów można stwierdzić, że aktywność publikacyjna oraz konferencyjna Habilitanta po ostatnim awansie (rok 2019) nie jest wysoka i uległa nieznacznemu obniżeniu od tego okresu.

Interdyscyplinarny charakter realizowanych przez Habilitanta prac badawczych spowodował konieczność współpracy przez Habilitanta z pracownikami innych uczelni i instytucji, zarówno zagranicznych, jak i krajowych.

#### *Ośrodki zagraniczne*

Habilitant przedstawił w swoim wniosku cztery zagraniczne ośrodki naukowe, z którymi współpracował. Były to:

##### 1. Lehigh University

W ramach stypendium Fulbrighta *Junior Research Award* spędził ponad 6 miesięcy (od sierpnia 2018 do marca 2019 r.) na Lehigh University w Bethlehem (Pennsylvania, USA). Efektem pobytu były wspólne publikacje z prof. Wojciechem Misiółkiem [A4] i [A5].

##### 2. Sudwestfalen Fachhochschule

W roku 2022 odbył tygodniowy staż w ramach programu *Erasmus+* na Sudwestfalen Fachhochschule w Soest (Niemcy). Pomimo dydaktycznego charakteru stażu udało się mu nawiązać współpracę naukową.

##### 3. University of Sao Paulo

Współpraca z University of Sao Paulo rozpoczęła się w lutym 2023 roku. Współpraca zaowocowała opracowaniem wspólnego planu badań oraz zaproszeniem na odbycie stażu dydaktycznego w ramach programu *Erasmus+*.

##### 4. Sankt Petersburg State University

W trakcie Letniej Szkoły Mechaniki Pęknięcia 2015 w Bezmiechowej Habilitant nawiązał współpracę z kilkoma naukowcami z Sankt Petersburg State University. Efektem tej współpracy były kolejne publikacje.

#### *Krajowe ośrodki naukowe*

Habilitant współpracował również z uczelniami krajowymi. Były to między innymi: Politechnika Łódzka, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Instytut Lotnictwa oraz Politechnika Świętokrzyska.

## Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

Habilitant pracując w latach 2014-2025 na Politechnice Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza prowadził zajęcia dydaktyczne z 26 przedmiotów dla studentów krajowych oraz z 5 przedmiotów dla studentów zagranicznych w ramach programu *Erasmus*. Prowadzone przez Habilitanta zajęcia obejmowały wszystkie formy prowadzenia zajęć, tj. wykłady, ćwiczenia, laboratoria oraz projekty. W ramach programu *Erasmus+* odbył staże dydaktyczne w Sudwestfalen Fachhochschule (Soest, Niemcy, 2022) oraz Polytechnic School of the University of Sao Paulo (Brazylia, 2024).

Jako promotor sprawował opiekę naukową nad 37 pracami kwalifikacyjnymi, w tym pełnił funkcję promotora w 12 pracach inżynierskich oraz 25 pracach magisterskich (jedna praca w języku angielskim, jedna była podstawą artykułu naukowego [A9] i jedna praca dyplomowa powstała we współpracy z przemysłem).

Habilitant pełnił również funkcję promotora pomocniczego w ramach doktoratu Pani mgr inż. Moniki Lubas pod roboczym tytułem „*Numeryczno-eksperymentalna analiza naprężeń oraz nośności połączeń nitowych*”, w którym promotorem jest dr hab. inż. Tomasz Kopecki, prof. PRz. Habilitant był również recenzentem 11 prac dyplomowych i członkiem 71 komisji dyplomowych. W roku akademickim 2023/2024 przygotował plan studiów podyplomowych (Analizy Wytrzymałościowe dla Przemysłu Lotniczego), które uruchomiono w roku akademickim 2024/2025. Poza wspomnianymi powyżej studiami podyplomowymi (przygotowanie i kierowanie studiami) Habilitant był członkiem komisji zajmującej się utworzeniem nowego planu studiów kierunku Lotnictwo i Kosmonautyka, przygotowywanego w okresie 2020-2021 i realizowanego w ramach kształcenia na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.

Habilitant jest rozpoznawalny w Polsce i na świecie w uprawianym przez niego obszarze naukowym. Potwierdzeniem tego jest fakt powierzenia mu wykonania w okresie od 2019 do 2025 roku ponad 50 recenzji artykułów publikowanych w prestiżowych czasopismach naukowych. W latach 2021-2025 pełnił funkcję Ambasadora Programu Fulbrighta związanego z Polsko-Amerykańską Komisją Fulbrighta finansującą staże badawcze w Stanach Zjednoczonych.

## Nagrody i wyróżnienia

Za swoją działalność naukową, organizacyjną oraz dydaktyczną Habilitant był wyróżniany szeregiem nagród, w tym Nagrodą od World Invention Intellectual oraz nagrodami Rektora za działalność naukową.

## Ocena współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym

Habilitant w ramach współpracy z otoczeniem gospodarczym przedstawił dowody na współpracę z:

- Pratt&Whitney Rzeszów (oraz Canada) przy opracowywaniu stanowiska do spalania wodoru w komorze spalania silnika turbinowego,
- TTSOft sp. z o.o. w projekcie: Prace badawczo-rozwojowe w zakresie „*Opracowanie linii uniwersalnych automatów i maszyn wraz z oprogramowaniem wspierających sprzedaż i obsługę klienta w obiektach sportowo-kulturalno-wypoczynkowych*”,
- Boeing Poland (15.02-30.09.2023 r.) na stanowisku Experienced Stress Analys,
- Safran Aircraft Engines Poland (od 01.10.2023 r.) w dziale R&D na stanowisku Senior Mechanical Design Engineer.

Biorąc pod uwagę przedstawione we wniosku informacje stwierdzam, że dr inż. Arkadiusz Bednarz wykazał się wymaganą aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej. Nawiązana współpraca z instytucjami zagranicznymi i krajowymi zaowocowała szeregiem publikacji. Habilitant wykazał się również wysoką aktywnością w działalności dydaktycznej i organizacyjnej w swojej macierzystej uczelni. Poprzez swoją działalność przyczynił się do popularyzacji nauki wśród młodzieży i otoczenia gospodarczego. Za swoją działalność naukową był wielokrotnie wyróżniany nagrodami JM Rektora Politechniki Rzeszowskiej. Uważam, że dorobek dydaktyczny i organizacyjny dra inż. Arkadiusza Bednarza, jest obszerny i wystarczający do nadania mu stopnia naukowego doktora habilitowanego.

## 5. PODSUMOWANIE OCENY I WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie dokonanej powyżej analizy osiągnięcia naukowego, istotnej aktywności naukowej, osiągnięć dydaktycznych, popularyzujących naukę oraz współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym Habilitanta uważam, że:

1. Osiągnięcie naukowe dr. inż. Arkadiusza Bednarza pt. „**Ocena wpływu warunków pracy, geometrii i technologii wykonania na wytrzymałość zmęczeniową sprężarki z silnika lotniczego**” nie stanowi znaczącego wkładu Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej *inżynieria mechaniczna*.
2. Przedstawiony do oceny całościowy dorobek Habilitanta spełnia wymóg ustawy istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej instytucji naukowej.

**Podsumowując stwierdzam, że dorobek dr. inż. Arkadiusza Bednarza nie stanowi wystarczającej podstawy do nadania Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*.**