

Poznań, dnia 13.10.2023 r.

**PROTOKÓŁ**  
**z posiedzenia Komisji Doktorskiej powołanej przez**  
**Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej**  
**w sprawie obrony rozprawy doktorskiej**  
**mgr. inż. Tahseena Ali Manhki**

*pt. Investigation of subsurface microcracks causing premature failure in wind turbine gearbox bearings*

Na posiedzeniu Komisji Doktorskiej w dniu 13.10.2023 r. byli obecni:

**Przewodniczący Komisji:** dr hab. inż. Tomasz Bartkowiak

**Członkowie:**

- dr hab. inż. Bartosz Gapiński, prof. uczelni
- dr hab. inż. Piotr Paczos, prof. uczelni
- dr hab. inż. Rafał Talar
- dr hab. inż. Piotr Siwak

**Promotor:** prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko

**Recenzenci:**

- prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, Politechnika Rzeszowska
- prof. dr hab. inż. Leon Kukiełka, Politechnika Koszalińska
- dr hab. inż. Monika Madej, prof. uczelni, Politechnika Świętokrzyska

**Sekretarz:** mgr inż. Natalia Wierzbicka

Nieobecni na posiedzeniu Komisji Doktorskiej:

**Promotor pomocniczy:** dr Jasim H. Al.-Bedhany - usprawiedliwiony

**Członkowie Komisji:**

- Prof. dr hab. inż. Andrzej Milecki – usprawiedliwiony,
- Dr hab. inż. Olaf Ciszak, prof. uczelni - usprawiedliwiony
- Dr hab. inż. Paweł Popielarski, prof. uczelni – usprawiedliwiony.

## 1. CZĘŚĆ PUBLICZNA

Część publiczna posiedzenia w sprawie obrony rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi odbyła się w dniu 13.10.2023 r. o godz. 12<sup>00</sup> w sali nr 208 gmachu Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej ul. Piotrowo 3. Posiedzenie otworzył Przewodniczący Komisji – dr hab. inż. Tomasz Bartkowiak, który powitał wszystkich zgromadzonych, przedstawił skład Komisji Doktorskiej, Recenzentów, Promotora. Po omówieniu przez Przewodniczącego Komisji przebiegu przewodu doktorskiego, Sekretarz Komisji – mgr inż. Natalia Wierzbicka odczytała życiorys Doktoranta.

W kolejnej części posiedzenia mgr inż. Tahseen Ali Mankhi zaprezentował najważniejsze treści rozprawy doktorskiej, przedstawiając kolejno: wprowadzenie, przegląd stanu wiedzy, tezę, cel i zakres pracy, metodykę badań, wyniki badań, a także podsumowanie i wnioski.

Po zakończeniu wystąpienia mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi, Przewodniczący Komisji poprosił Promotora o przedstawienie swojej opinii na temat pracy doktorskiej. Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko przedstawił krótko problem naukowy i co zostało zrobione. Szczegółowa opinia o pracy była przedstawiona 23.03.2023 r. na posiedzeniu Rady Dyscypliny. Problem naukowy dotyczył relacji między właściwościami materiału, m.in. wtrąceniami niemetalicznymi wybranych łożysk tocznych przekładni zębatych w turbinie wiatrowej, a objawami przedwczesnego zużycia spowodowanego działaniami zewnętrznymi. Zostały zrealizowane cztery główne cele pracy.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko potwierdził, że przyjął pracę, wyrażając pogląd o przekonaniu na temat aktualności podejmowanego problemu badawczego oraz wartości poznawczej i użytkowej uzyskanych wyników. Ponadto podsumował, że praca spełnia wymagania przepisów stosownej ustawy o przyznaniu stopnia doktora nauk technicznych i w związku prosi o wyrażenie zgody na obronę.

Następnie Przewodniczący Komisji poprosił Recenzentów o przedstawienie swoich recenzji rozprawy doktorskiej. Recenzenci stwierdzili, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie inżynieria mechaniczna i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Recenzenci oświadczyli, że otrzymali pisemne odpowiedzi na zadane w recenzji pytania, z którymi się zgadzają, zatem podczas publicznej obrony poproszono o rozwinięcie tylko wybranych zagadnień. Mgr inż. Tahseen Ali Mankhi w pierwszej kolejności odpowiedział na pytania od Recenzenta prof. dr. hab. inż. Grzegorza Budzika z Politechniki Rzeszowskiej.

#### Pytanie prof. dr. hab. inż. Grzegorza Budzika, Politechnika Rzeszowska

*Rysunek 2-5 jest opisany jako diagram przekładni planetarnej; w rzeczywistości jest to renderowany widok zębatki, gdzie układ planetarny stanowi jeden z elementów jednostki napędowej.*

#### Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Zgadza się, podpis powinien być doprecyzowana - "Szczegóły przekładni 2 MW turbiny wiatrowej z pojedynczym etapem planetarnym" będzie bardziej odpowiednie.*

#### Pytanie prof. dr. hab. inż. Grzegorza Budzika, Politechnika Rzeszowska

*Proces eksploatacji elektrowni wiatrowej podczas jej działania do momentu wystąpienia uszkodzenia nie podlegał szczegółowej analizie.*

#### Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Więcej zmiennych zdarzeń operacyjnych, takich jak rozruch, wyłączanie, utrata zasilania sieciowego, włączanie/wyłączanie generatora i hamowanie, zostało przedstawione na stronach 25 i 26 oraz pokazane na rysunku 2-6. Szczegóły operacyjne nie mogą być przedstawione ze względu na ogromne ilości danych z systemu SCADA, składające się z kilkudziesięciu tysięcy odczytów, uśrednionych co dziesięć minut. Dane były zbierane przez dwa lata. Te dane są również poufne i nie mogą być udostępniane badaczom.*

Pytanie dr hab. inż. Moniki Madej, prof. uczelni, Politechnika Świętokrzyska

*Jakie były przesłanki wyboru właśnie tej mocy turbin wiatrowych i działających w nich łożysk?*

Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Globalna tendencja zmierza w kierunku coraz większych turbin wiatrowych; niemniej jednak średnia moc turbiny wiatrowej wynosi około 2 MW. Ponadto dostępne próbki z rzeczywistych uszkodzonych łożysk pochodziły od łożysk przekładni turbin wiatrowych o wybranej mocy (2 MW). W związku z tym wyniki analiz prac teoretycznych i eksperymentalnych dla tej konkretnej mocy turbiny wiatrowej mogą być bardziej niezawodne.*

Pytanie dr hab. inż. Moniki Madej, prof. uczelni, Politechnika Świętokrzyska

*Gdzie i przez kogo może być wdrożony wybór łożysk do turbiny wiatrowej zaproponowany przez w pracy doktorskiej?*

Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Producent przekładni turbin wiatrowych podjął decyzję o użyciu określonych łożysk do swoich przekładni. Różne badania sugerowały stosowanie różnych typów łożysk. Narodowe Laboratoria Energii Odnawialnej NREL (<https://nrel.gov/>) to jedna z amerykańskich instytucji zajmujących się badaniem i rozwiązywaniem bieżących problemów w zakresie źródeł energii odnawialnej. W oparciu o metody analityczne i symulacyjne, instytut ten określił łożysko stożkowe, jako najbardziej odpowiedni typ do stosowania w planetarnej przekładni turbin wiatrowych. W moim badaniu wyniki te zostały potwierdzone, co uważam za sukces.*

Pytanie prof. dr. hab. inż. Leona Kukielki, Politechniki Koszalińska

*Z uwagi na konieczność zachowania poufności, szczegółowe informacje na temat łożyska, takie jak jego umiejscowienie w skrzyni biegów, wymiary, rodzaj materiału i właściwości mechaniczne, nie zostały dostarczone. Badania eksperymentalne (eksperymenty biernego obserwatora) opierają się na obserwacji przedwcześnie zużytych łożysk. Niemniej jednak brak jest szczegółowych danych na temat warunków ich pracy.*

Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Posiadam cztery odpowiedzi na te pytania:*

*1- Firmy wiatrowe nie udostępniają wystarczających informacji na temat wymiarów elementów przekładni, ani nawet okresu pracy łożyska do momentu awarii. Ponadto producenci łożysk nie udostępniają szczegółów dotyczących obróbki cieplnej. Wszystkie te informacje można by uzyskać wyłącznie po podpisaniu zobowiązania do nieudostępniania udzielonych informacji i danych.*

*2. Rozważyłem wymagane dane i informacje z trzech źródeł:*

*a. Poprzednie badania podobne do dziedziny tej pracy,*

*b. Międzynarodowe normy bardziej związane z tematem.*

c. Uwzględnienie właściwości mechanicznych powierzchni łożyska poza obszarem kontaktu, jako powierzchni łożyska przed uszkodzeniem w celu przeprowadzenia wymaganych porównań.

3. Właściwości chemiczne materiału łożyska zostały podane w rozprawie w Tabeli 2-2. Wymiary łożyska i jego właściwości mechaniczne materiału zostały przedstawione w odpowiedzi dla recenzenta.

4. Szczegółów dotyczących eksploatacji nie można przedstawić ze względu na ogromną ilość danych z systemu SCADA, z kilkudziesięcioma tysiącami odczytów, reprezentowanymi jako średnia, co dziesięć minut. Te dane są również poufne, a firmy nie mogą ich udostępnić badaczom.

#### Pytanie prof. dr. hab. inż. Leona Kukielki, Politechnika Koszalińska

Praca szczegółowo i precyzyjnie opisuje cały proces przygotowania próbek, jednakże nie określa, ile dokładnie próbek było testowanych i jaki był rozmiar (powtarzalność) pomiarów wynikający z losowości badanych zjawisk, a także ile próbek pobrano i z których łożysk. Na podstawie rysunku 4-19 można przypuszczać, że przetestowano więcej niż 55 próbek.

#### Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

Było 5 próbek, zbadano 1447 pęknięcia, wymiary każdej próbki wynosiły 15x10x8 mm, zbadano 2 uszkodzone łożyska. Rysunki 4-19 i 4-20 przedstawiają kąty pęknięć dla każdej próbki (S1, S2, S3, S4 i S5) w siedmiu różnych odległościach pod powierzchnią (głębokość w jednostce  $\mu\text{m}$ ): (0-100), (100-200), (200-300), (300-400), (400-500), (500-600) i (600-700). Zastosowano analizę typu "box and whisker plot" ze względu na dużą liczbę punktów danych.

Recenzenci uznali odpowiedzi Doktoranta za zadowalające.

Przewodniczący Komisji otworzył część publiczną dyskusji, prosząc o zadawanie pytań Doktorantowi.

#### Pytanie dr. hab. inż. Piotra Siwaka

*Jak długo stosowanie turbiny wiatrowej jest bezpieczne?*

#### Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

Turbiny wiatrowe są bardzo bezpieczne w porównaniu z innymi stosowanymi technologiami.

#### Pytanie dr. hab. inż. Bartosza Gapińskiego, prof. PP

*Czy jest możliwość stosowania zaproponowanej skrzyni przekładowej w innym przemyśle, np. w samochodach?*

#### Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

W łodziach podwodnych tak, jednak w przemyśle samochodowym nie.

#### Pytanie dr. hab. inż. Tomasza Bartkowiaka

*Jakie były warunki pracy – temperatura, wilgotność, kurz?*

Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Badania były przeprowadzone w warunkach zamkniętych.*

Pytanie dr. hab. inż. Tomasza Bartkowiaka

*Zużycie elementów tocznych?*

Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Wewnątrz pierścień jest nieruchomy, natomiast zewnętrzny jest obrotowy. Obciążenie w wewnętrznym pierścieniu będzie skupione na jednym obszarze, natomiast w przypadku ruchu obrotowego naprężenia nie będą skupione na jednym miejscu, ale będą się rozprzestrzeniać.*

Pytanie dr. hab. inż. Tomasza Bartkowiaka

*Jakie są główne czynniki inicjujące pęknięcia?*

Odpowiedź mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi

*Zmiana kierunku i prędkości powoduje największe uszkodzenia. Dodatkowo uruchamianie i wyłączanie powoduje duże uszkodzenia. Ja skupiłem się na inicjacji pęknięć, a nie propagacją, która mają mnóstwo różnych przyczyn.*

Osoby pytające i zebrani uznali odpowiedzi Doktoranta za zadowalające.

Po ostatniej odpowiedzi mgr. inż. Tahseena Ali Mankhi Przewodniczący Komisji zapytał zebranych, czy nie mają więcej pytań do Doktoranta. Z powodu braku pytań, zamknięto jawną część obrony. Następnie Komisja Doktorska udała się do sali 212 gmachu Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej na obrady części niejawnej.

## **2. CZĘŚĆ NIEJAWNA**

W części niejawnej posiedzenia Komisji Doktorskiej, które odbyło się w sali nr 212, Przewodniczący Komisji Doktorskiej poprosił o zabranie głosu przez Recenzentów, członków Komisji Doktorskiej, a następnie Promotora pracy.

Dr hab. inż. Monika Madej, prof. uczelni, Politechnika Świętokrzyska oceniła pracę jako bardzo wartościową, zwróciła uwagę na bardzo ładnie przebiegającą obronę, prezentację Doktoranta i obszerność pracy doktorskiej. Dodała również, że pozytywnie odbiera Doktoranta, który odpowiedział na wszystkie pytania, nie tylko te znane, ale również pytania z sali.

Prof. dr hab. inż. Leon Kukiełka, Politechnika Koszalińska określił Doktoranta, jako bardzo wartościowego badacza. Zauważył, że zakres pracy był bardzo szeroki, poruszane były bardzo skomplikowane zagadnienia i zastosowano metody numeryczne. Doktorant zaprezentował się z bardzo dobrej strony, co wynika również z tematyki, którą zajmuje się na co dzień.

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, Politechnika Rzeszowska podczas prezentacji Doktoranta utwierdził się w przekonaniu o bardzo wysokim poziomie pracy. Zasugerował kontynuację badań w kierunku konstrukcyjnym.

Dr hab. inż. Bartosz Gapiński, prof. uczelni uznał pracę za bardzo ciekawą o wysokim poziomie. Zauważył potencjał administracyjny i możliwości związane z prowadzeniem prac doktorskich w języku angielskim.

Dr hab. inż. Rafał Talar, powiedział że Doktorant jest biegły w tematyce, którą się zajmuje. Zgodził się z przedmówcą odnośnie do możliwości rozszerzenia tematyki badań o zagadnienia konstrukcyjne.



Dr hab. inż. Piotr Siwak zauważył, że prowadzenie badań w zakresie odnawialnych źródeł jest bardzo ważnym i aktualnym tematem. Bardzo wysoko ocenił również wystąpienie, prezentację oraz odpowiedzi na pytania.

Dr hab. inż. Tomasz Bartkowiak zauważył, że Doktorant bardzo obszernie odpowiedział na zadane pytania. Zasugerował, że praca mogłaby zostać rozszerzona o konstrukcję i obliczenia numeryczne. Praca ocenił pozytywnie.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko, stwierdził, że praca mogłaby być rozszerzona o konstrukcję, jednak praca była obszerna i temat został ograniczony do rzeczy najważniejszych. Doktorant wykazał się dojrzałością badawczą, pracowitością, a praca została oceniona pozytywnie.

Po wypowiedziach członków Komisji Doktorskiej, Przewodniczący Komisji zarządził tajne głosowanie Komisji nad wnioskiem do Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej o nadanie mgr. inż. Tahseenowi Ali Mankhi stopnia doktora nauk technicznych. W wyniku głosowania na 9 oddanych głosów stwierdzono 9 głosów popierających wniosek.

**W rezultacie głosowania Komisja postanowiła wystąpić do Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej o nadanie mgr. inż. Tahseenowi Ali Mankhi stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.**

Na tym Komisja zakończyła obrady w części niejawniej.

Po zakończeniu obrad Komisja udała się do sali 208 (Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej), gdzie w obecności Doktoranta i wszystkich zebranych odczytano wyniki i złożono gratulacje mgr. inż. Tahseenowi Ali Mankhi, który następnie podziękował wszystkim obecnym na obronie.

Sekretarz Komisji

*mgr inż. Natalia Wierzbicka*



Przewodniczący Komisji

*dr hab. inż. Tomasz Bartkowiak*

