



**Politechnika  
Śląska**

**Praca interdyscyplinarna z zakresu:  
Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyki  
oraz Inżynieria Mechaniczna**

**Rafał Robak**

Optymalizacja parametrów dynamicznych kierownic turbin  
niskiego ciśnienia silnika turbowentylatorowego z wykorzystaniem  
metod sztucznej inteligencji

Rozprawa doktorska

Promotorzy:

dr hab inż. Sebastian Rulik, prof. PŚ (opiekun naukowy z dyscypliny  
Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyki)

dr hab inż. Mirosław Szczepanik, prof. PŚ (opiekun naukowy z dyscypliny  
Inżynieria Mechaniczna)

Gliwice 2022

## Streszczenie

Przedstawiono proces optymalizacji charakterystyk dynamicznych kierownic turbin niskiego ciśnienia z wykorzystaniem algorytmów sztucznej inteligencji. Zastosowano uproszczenie, modelując przedmiot optymalizacji jako strukturę dwuwymiarową, wykazując jednocześnie brak istotnego wpływu na wyniki częstotliwości drgań własnych i masę układu. Model parametryczny został zdefiniowany w oparciu o wyniki energii odkształcenia dla pierwszej postaci drgań własnych. Pokazują one w sposób jakościowy, które obszary powinny zostać uwzględnione jako zmienne projektowe. Na tej podstawie zdefiniowano następujące cechy geometryczne; charakterystyki grubościowe obudowy turbiny (trzy powłoki), grubości zaczepów kierownicy wraz z ich pozycjami oraz pochyleniem a także grubość górnej platformy kierownicy (łącznie dziesięć zmiennych projektowych). Zakres zmienności parametrów został ustalony w odniesieniu do ograniczeń produkcyjnych a także z uwagi na długość platformy górnej kierownicy turbiny. Parametryczna geometria posłużyła do przygotowania modelu MES i przeprowadzenia numerycznej analizy modalnej w celu wyznaczenia częstotliwości drgań własnych pierwszej postaci oraz powierzchni modelu. Posługując się planem Box-Wilson (planowaniem eksperymentu) oraz mechanizmami agregacji metamodeli wyznaczono model zastępczy. Metamodel był narzędziem do weryfikacji wariantów konstrukcyjnych generowanych przez strategię optymalizacyjną metod sztucznej inteligencji. Zanim przystąpiono do procesu optymalizacji, wykonano analizę wrażliwości poszukiwanych odpowiedzi na zdefiniowane zmienne projektowe. Wyniki pokazały znaczny wpływ powłoki obudowy turbiny na pierwszą częstotliwość drgań własnych a także powierzchnię modelu. Porównano komercyjnie zaimplementowany algorytm genetyczny ze sztucznym algorytmem immunologicznym w postaci kanonicznej (selekcja klonalna) oraz w postaci zmodyfikowanej wzbogaconej o efekt kostymulacji limfocytu B z limfocytom T. Dla przeprowadzonych procesów optymalizacji wykazano algorytm immunologiczny jako bardziej efektywny, zarówno z perspektywy otrzymanej powierzchni modelu w przypadku jej minimalizacji, a także liczby wywołań funkcji celu. Przepływ danych w przypadku algorytmu genetycznego odbywał się wewnątrz programu Ansys Workbench. W przypadku algorytmu immunologicznego opracowano sposób komunikacji z narzędziem Ansys weryfikującym warianty konstrukcyjne poprzez zestaw plików wsadowych i sesyjnych. Optymalny wariant konstrukcyjny był każdorazowo weryfikowany poprzez dedykowaną numeryczną analizę modalną MES i wykazywał zbieżność do 0.5% co jest akceptowalne z punktu widzenia procesu konstrukcyjnego.