

# XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

# TKI2022

## TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

### Modelowanie ruchu pływającej platformy pod turbinę wiatrową

Ewelina Ciba<sup>1</sup>

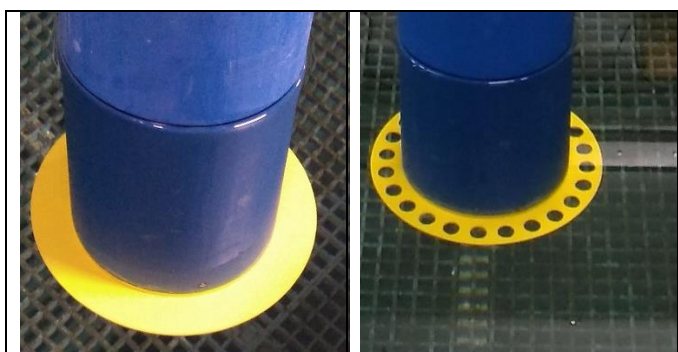
<sup>1</sup>Zakład Hydromechaniki i Hydroakustyki, Politechnika Gdańska  
email: ewelina.ciba@pg.edu.pl

**STRESZCZENIE:** W referacie przedstawiono efektywną metodę modelowania ruchów pływającej platformy wiatrowej bazującą na metodzie dyfrakcyjnej, rozszerzonej o wpływ lepkości wody. Omówiono sposób wyznaczenia współczynników hydrodynamicznych na podstawie testów oscylacji swobodnych i wymuszonych. Porównano otrzymane wartości z badań modelowych oraz wyznaczone na podstawie obliczeń RANSE-CFD otrzymując dużą zbieżność. Przedstawiono metodę prognozowania ruchów platformy w warunkach fali nieregularnej na podstawie obliczeń wykonanych dla szeregu fal regularnych. Zaprezentowano wpływ dodatkowego elementu tłumiącego na zachowanie platformy. Porównano charakterystyki płyty tłumiącej pełnej oraz płyty z otworami i oceniono wpływ każdej z nich.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pływające turbiny wiatrowe, płyty tłumiące, współczynniki hydrodynamiczne, CFD

#### 1. Wprowadzenie

Zainteresowanie morską energetyką wiatrową z każdym rokiem staje się coraz większe. Istnieje wiele koncepcji dla platform wsporczych. Wśród platform pływających bardzo często rozważa się różne modyfikacje klasycznej koncepcji typu Spar, jak przedstawione przez Dymarskiego [1] i Cibę [2]. Aby zapobiec nadmiernym ruchom pionowym platformy stosuje się dodatkowe płyty tłumiące. W badaniach przedstawionych przez Cibę [3] wykazano, że nawet niewielka płyta, zredukowana do dodatkowej krawędzi wystającej poza obrys platformy daje duże efekty tłumiące. Stąd wyciągnięto wniosek, który udało się potwierdzić przez Cibę w [4], że wpływ na tłumienie ma nie tylko powierzchnia płyty dodatkowej, ale również jej krawędź. Zasadne jest zatem w niektórych przypadkach stosowanie płyt z otworami, jak przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Fotografie badanego modelu z płytą tłumiącą pełną oraz płytą z otworami

Podobne spostrzeżenia zanotowali inni badacze, jak Tao [5] który zaprezentował wyniki badań dla kołowej płyty perforowanej, czy Song [6] badający perforowane płyty kwadratowe.

W badaniach platform pływających często stosuje się metody oparte na teorii dyfrakcyjnej, jednak w przypadku dodatkowych elementów tłumiących jest to zbyt duże uproszczenie i dopiero uwzględnienie efektów związanych z lepkością daje dobre rezultaty. Takie analizy przeprowadził np. Sethurman [7] używając testu oscylacji swobodnych do kalibracji programu OrcaFlex otrzymując dużą zgodność z eksperymentem.

W pracy zaprezentowano metodykę wykonywania obliczeń za pomocą programu ANSYS AQWA bazującego na metodzie dyfrakcyjnej i uzupełnionego o współczynniki hydrodynamiczne związane z lepkością wody, wyznaczone na podstawie obliczeń RANSE-CFD. Przedstawione analizy dotyczą pionowego cylindra z dodatkową płytą tłumiącą. Wykonano obliczenia dla płyty pełnej oraz dla płyty z otworami (rys. 1) i porównano je z wynikami badań modelowych.

#### 2. Obliczenia

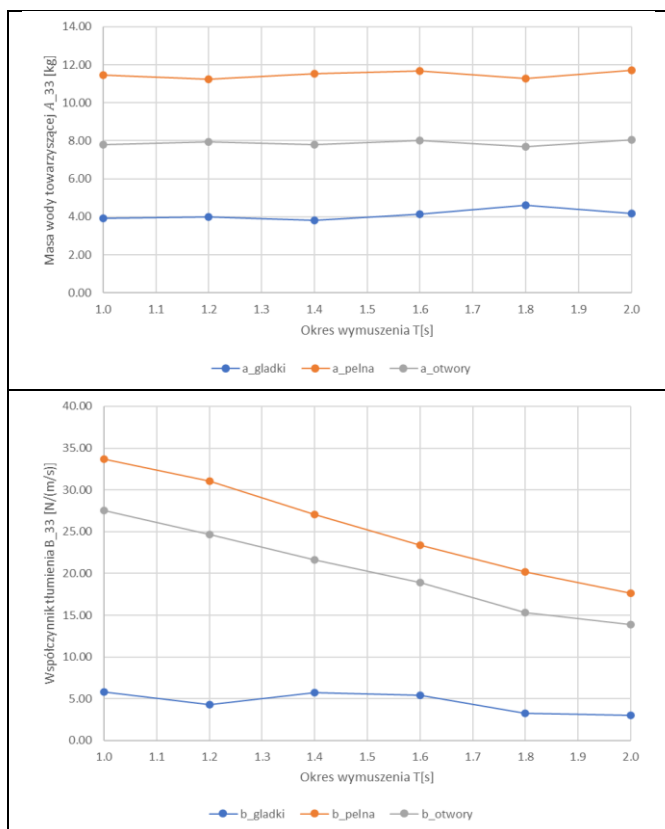
Dość często stosuje się przybliżenie ruchu pionowego platformy przy pomocy równania ruchu tłumionego na sprężynie rów. (1) i pomimo, że w rzeczywistości zagadnienie to nie jest liniowe, to wyznaczenie współczynników masy wody towarzyszącej i tłumienia daje nam dużą wiedzę na temat konstrukcji.

$$(m + A_{33})\ddot{z} + B_{33}\dot{z} + C_{33}z = 0 \quad (1)$$

gdzie:  $m$ [kg] – masa konstrukcji,  $A_{33}$ [kg] – masa wody towarzyszącej,  $B_{33}$ [N/(m/s)] – współczynnik tłumienia,  $C_{33}=\rho g A_w$  [N/m] – współczynnik siły przywracającej,  $z$ [m] – przemieszczenie platformy.

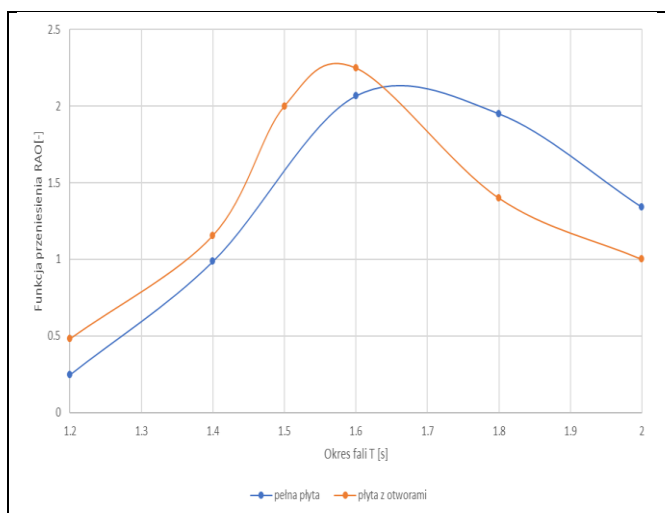
Obliczenia RANSE-CFD współczynników hydrodynamicznych wykonano przy pomocy dwóch metod: testów oscylacji swobodnych oraz wymuszonych.

Współczynniki wyznaczone dla badanych konstrukcji przy pomocy oscylacji wymuszonych w zależności od ich okresu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Współczynniki hydrodynamiczne badanych konstrukcji

Na podstawie otrzymanych wyników można wyciągnąć wniosek, że wycięcie otworów w płycie tłumiącej zmniejsza znacząco jej masę wody towarzyszącej oraz w mniejszym stopniu współczynnik tłumienia. Wykonano również obliczenia funkcji przeniesienia przy pomocy obliczeń RANSE-CFD rys. 3.



Rys. 3. Porównanie funkcji wymuszenia badanych elementów

Otrzymane współczynniki wprowadzono następnie do programu ANSYS AQWA wyznaczając w nim nurzania konstrukcji w zależności od okresu fali wymuszającej co również pozwoliło wyznaczyć funkcje przeniesienia. Ostatecznie porównano funkcje otrzymane przy pomocy różnych metod i wyników eksperymentu otrzymując dużo zbliżość wyników.

### 3. Podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników wyciągnięto wniosek, że uproszczone obliczenia w programie ANSYS AQWA rozszerzonym o współczynniki otrzymane na podstawie obliczeń RANSE-CFD dają podobne wyniki co dużo bardziej czasochłonne pełne obliczenia RANSE-CFD, czy badania modelowe.

Porównano również wpływ zastosowanych modyfikacji: płyty tłumiącej pełnej oraz płyty z otworami na zachowanie platformy w warunkach morskich wskazując obszar zastosowania dla każdej z nich.

### Literatura

- [1] Dymarski P., Dymarski C., Ciba E. (2019): Stability Analysis of the Floating Offshore Wind Turbine Support Structure of Cell Spar Type During its Installation. Polish Maritime Research, Vol. 26, 4(104), 109-116.
- [2] Ciba E., Dymarski P., Grygorowicz M., (2022): Analysis of the Hydrodynamic Properties of the 3-Column Spar Platform for Offshore Wind Turbines, Polish Maritime Research 2 (114) 2022 Vol. 29; pp. 35-42.
- [3] Ciba E. (2021): Heave Motion of a Vertical Cylinder with Heave Plates, Polish Maritime Research -Vol. 28,iss. 1(109) (2021), s.42-47.
- [4] Ciba E., Dymarski P., Gygorowicz M., Heave Plates with Holes for Floating Offshore Wind Turbines, Polish Maritime Research vol 29 pp.26-33, 2022.
- [5] Tao L., Dray D. (2008): Hydrodynamic performance of solid and porous heave plates, Ocean Engineering.
- [6] An S., Faltinsen O.M. (2013): An experimental and numerical study of heave added mass and damping of horizontally submerged and perforated rectangular plates, Journal of Fluids and Structures 39 (2013) 87-101.
- [7] L. Sethuraman, V. Venugopal (2013), 'Hydrodynamic response of a stepped-spar floating wind turbine: Numerical modelling and tank testing', Renewable Energy 52, 160-174.