



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Aeroelastyczność i wytrzymałość turbin wiatrowych, PG_00057173						
Kierunek studiów	Oceanotechnika						
Data rozpoczęcia studiów	luty 2023 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu			2023/2024		
Poziom kształcenia	II stopnia	Grupa zajęć			Grupa zajęć fakultatywnych Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki		
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji			na uczelni		
Rok studiów	1	Język wykładowy			polski		
Semestr studiów	2	Liczba punktów ECTS			3.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia			zaliczenie		
Jednostka prowadząca	Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa -> Instytut Budowy Okrętów						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	dr hab. inż. Paweł Dymarski					
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu	dr inż. Ewelina Ciba dr hab. inż. Paweł Dymarski					
Formy zajęć i metody nauczania	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	30.0	15.0	0.0	0.0	0.0	45
	W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0						
Aktywność studenta i liczba godzin pracy	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów	Udział w konsultacjach		Praca własna studenta		RAZEM
	Liczba godzin pracy studenta	45	8.0		22.0		75
Cel przedmiotu	Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów ze zjawiskiem aeroelastyczności łopaty turbiny wiatrowej czyli za zjawiskiem odkształceń i/lub drgań łopaty turbiny na skutek działania sił aerodynamicznych.						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[K7_U04] potrafi wykorzystać metody i modele matematyczne, a także symulacje komputerowe do analizy, projektowania i oceny funkcjonowania obiektów oraz systemów oceanotechnicznych lub ich elementów	Student pozna metody obliczeniowe oraz zapozna się z oprogramowaniem do modelowania sił aerodynamicznych na łopacie turbiny wiatrowej. Student pozna podstawowe metody wyznaczanie odkształcenia łopaty turbiny	[SU1] Ocena realizacji zadania [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi
	[K7_U07] potrafi, zgodnie ze sformułowaną specyfikacją, używając właściwych metod i narzędzi, wykonywać zaawansowane zadanie inżynierskie z zakresu projektowania, wytwarzania i eksploatacji obiektów oraz systemów oceanotechnicznych	Student potrafi rozwiązać podstawowe zadanie z zakresu odkształcenia łopaty turbiny na skutek działania sił aerodynamicznych.	[SU1] Ocena realizacji zadania [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi
	[K7_W05] ma uporządkowaną, rozszerzoną wiedzę w zakresie projektowania, budowy i eksploatacji obiektów oraz systemów oceanotechnicznych	Student opanuje wybrane metody używane do prowadzenia analiz projektowych morskich elektrowni wiatrowych.	[SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym
	[K7_W03] ma rozszerzoną wiedzę w zakresie: niezawodności i bezpieczeństwa obiektów i systemów oceanotechnicznych oraz ochrony środowiska w oceanotechnice	nie dotyczy	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej
	[K7_W06] ma uporządkowaną, rozszerzoną wiedzę o inżynierskich metodach i narzędziach projektowych umożliwiających wykonywanie zaawansowanych projektów z zakresu budowy i eksploatacji obiektów oraz systemów oceanotechnicznych	Student pozna podstawowe metody oraz narzędzia inżynierskie do analizy aeroelastyczności turbin wiatrowych.	[SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym
Treści przedmiotu	<p>1. Teoria profilu aerodynamicznego</p> <p>1.1 Opis geometryczny</p> <p>1.2 Siła nośna, siła oporu, moment na profilu (2D)</p> <p>1.3 Współczynnik ciśnienia CP, rozkład ciśnienia</p> <p>1.4 Mechanizm powstawania siły nośnej, równanie Kutty-Żukowskiego</p> <p>2. Teoria płata nośnego (skrzydła)</p> <p>2.1 Opis geometryczny płata</p> <p>2.2 Siła nośna na płacie (3D)</p> <p>3. Analiza numeryczna płata</p> <p>3.1 Układ włókien wirowych na i za płatem</p> <p>3.2 Teoria linii nośnej</p> <p>4. Płat jako belka zginana</p> <p>4.1 Powtórka podstawowych wiadomości</p> <p>4.1.1 Charakterystyki przekroju poprzecznego belki</p> <p>4.1.2 Podstawowe rozwiązania dla belki zginanej.</p> <p>4.3 Sztywność belki</p> <p>4.4 Równanie ugięcia belki</p> <p>4.5 Macierz sztywności</p> <p>4.6 Aeroelastyczność: przypadek statyczny zginanie płata</p> <p>5. Płat jako belka skręcana</p> <p>5.1.1 Charakterystyki przekroju poprzecznego płata jako belki o profilu zamkniętym (skręcanie)</p> <p>5.1.2 Podstawowe rozwiązania dla belki skręcanej</p> <p>5.2 Aeroelastyczność: przypadek statyczny skręcanie</p> <p>6. Wstęp do dynamiki płata</p> <p>6.1 Dynamika układu o jednym stopniu swobody. Układ masa na sprężynie</p> <p>6.2 Dynamika układu o wielu stopniach swobody. Model mas skupionych (punktowych)</p> <p>7. Rzeczywiste pole prędkości opływanej łopaty turbiny wiatrowej.</p> <p>7.1 Określanie pola prędkości wybranego profilu łopaty turbiny. Przypadek stacjonarny</p> <p>7.2 Określanie niestacjonarnego pola prędkości wybranego profilu łopaty turbiny dla stacjonarnego profilu prędkości wiatru.</p> <p>7.3 Przypadek niestacjonarnego pola prędkości wiatru.</p> <p>7.3.1 Widmo wiatru</p> <p>7.3.2 Wyznaczanie niestacjonarnego pola prędkości wybranego profilu łopaty turbiny.</p> <p>8. Podstawy analizy łopaty/płata w dziedzinie częstości</p> <p>9. Dynamika układu wirnik turbiny wieża. Wprowadzenie.</p>		

Wymagania wstępne i dodatkowe	<ul style="list-style-type: none"> - student posiada podstawową wiedzę z zakresu mechaniki płynów: <ul style="list-style-type: none"> -- równanie ciągłości przepływu -- równanie Bernoulliego -- pojęcie siły nośnej i siły oporu na płacie nośnym - student posiada podstawową wiedzę z zakresu wytrzymałości materiałów: <ul style="list-style-type: none"> -- charakterystyki przekroju: momenty bezwładności i wskaźniki wytrzymałości -- podstawowa wiedza z zakresu zginania belki (statycznie wyznaczalnej) -- podstawowa wiedza z zakresu skręcania profili zamkniętych -- podstawowa wiedza z zakresu teorii drgań - układ masa na sprężynie z elementem tłumiącym - podstawowa wiedza z mechaniki ogólnej <ul style="list-style-type: none"> -- równania równowagi (statyka) -- zasady dynamiki Newtona - podstawy metod numerycznych <ul style="list-style-type: none"> -- całkowanie numeryczne -- proste metody całkowania w czasie 											
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Sposób oceniania (składowe)</th> <th style="width: 25%;">Próg zaliczeniowy</th> <th style="width: 25%;">Składowa oceny końcowej</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ćwiczenia</td> <td>60.0%</td> <td>33.0%</td> </tr> <tr> <td>Wykład</td> <td>60.0%</td> <td>67.0%</td> </tr> </tbody> </table>	Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej	Ćwiczenia	60.0%	33.0%	Wykład	60.0%	67.0%		
Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej										
Ćwiczenia	60.0%	33.0%										
Wykład	60.0%	67.0%										
Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	1. Snorri Gudmundsson: GENERAL AVIATION AIRCRAFT DESIGN: APPLIED METHODS AND PROCEDURES. Amsterdam, Elsevier 2014 2. Zbigniew Brzoska: Wytrzymałość materiałów. Warszawa, PWN 1972 3. Ryszard Gryboś: Podstawy mechaniki płynów. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1998 4. Martin O. L. Hansen: Aerodynamics of Wind Turbines 2nd ed. London * Sterling, Earthscan, 2008 5. Srinivasan Chandrasekaran: Dynamic Analysis and Design of Offshore Structures. Springer 2015, 2018										
	Uzupełniająca lista lektur	6. Ira H. Abbott, Albert E. Von Doenhoff THEORY OF WING SECTIONS Including a Summary of Airfoil Data. DOVER PUBLICATIONS, INC., NEW YORK 1949, 1959 7. Dewey H. Hodges, G. Alvin Pierce: Introduction to Structural Dynamics and Aeroelasticity. Cambridge University Press 2002, 2011 8. James F. Wilson: "Dynamics of Offshore Structures" 2nd ed. John Wiley & Sons 2003										
	Adresy eZasobów	Adresy na platformie eNauczanie: Aeroelastyczność i wytrzymałość turbin wiatrowych - Oce, II st., stac., Z2023/2024 (sem. 2) - Moodle ID: 33665 https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=33665										
Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	Przykładowe zagadnienia: <ol style="list-style-type: none"> 1. wyznaczanie siły nośnej/ siły oporu/ momentu na płacie nośnym w oparciu o charakterystyki współczynników C_L, C_D, C_M w funkcji kąta natarcia α 2. Wyjaśnienie zjawiska powstawania siły nośnej. Twierdzenie Kутty-Żukowskiego 3. Siła nośna na płatach o skończonej rozpiętości. Omówienie metody linii nośnej 4. Charakterystyki przekroju belki zginanej 5. Wyznaczanie sił wewnętrznych w belce zginanej oraz linii ugięcia. Belka utwierdzona jednostronnie o stałym (bądź zmiennym) przekroju 6. Charakterystyki przekroju belki skręcanej o profilu zamkniętym 7. Wyznaczenie sił wewnętrznych w belce skręcanej oraz kąta skręcenia. Belka utwierdzona jednostronnie 8. Zagadnienie sztywności belki. Macierz sztywności 9. Omówienie dynamiki układu o jednym stopniu swobody (na przykładzie masy na sprężynie z elementem tłumiącym). Równanie ruchu, odpowiedź na wymuszenie sinusoidalne 10. Omówienie dynamiki (równania ruchu) układu o wielu stopniach swobody (na przykładzie 2-3 stopni swobody) 11. Pole prędkości (składowe prędkości) w zagadnieniu opływu łopaty turbiny. 12. Modelowanie wiatru - model stacjonarny/niestacjonarny. Widmo wiatru 											
Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu	Nie dotyczy											