

# I. KARTA PRZEDMIOTU

1. Nazwa przedmiotu: **ODPORNOŚĆ UDAROWA KONSTRUKCJI**
2. Kod przedmiotu: **Kuk**
3. Jednostka prowadząca: **Wydział Mechaniczno-Elektryczny**
4. Kierunek: **Mechanika i budowa maszyn**
5. Specjalność: **Eksploatacja Siłowni Okrętowych**
6. Moduł: **specjalistyczny**
7. Poziom studiów: **II stopnia**
8. Forma studiów: **stacjonarne**
9. Semestr studiów: **I**
10. Profil: **praktyczny**
11. Prowadzący: **dr inż. Bogdan Szturomski**

## CEL PRZEDMIOTU

<b>C1</b>	Zapoznanie studentów z podstawowymi pojęciami odporności udarowej, rodzajami obciążeń udarowych, przebiegiem zjawisk fizycznych wywołanych udarami, modelami obliczeniowymi materiałów konstrukcyjnych poddawanych obciążeniom udarowym.
<b>C2</b>	Zapoznanie studentów z metodami matematycznego opisu rozprzestrzeniania się fal akustycznych i fal uderzeniowych w ciałach stałych, cieczech i gazach, wyrobienie umiejętności obliczania przebiegu ciśnień na powierzchniach napotkanych przez fale.
<b>C3</b>	Zapoznanie słuchaczy z modelami matematycznymi zderzenia ciał sztywnych z ciałami liniowo-sprężystymi oraz wyrobienie umiejętności stosowania tych modeli do obliczeń odporności udarowych wybranych konstrukcji morskich.
<b>C4</b>	Zapoznanie studentów ze skutkami oddziaływania wybuchów podwodnych i powietrznych na okręty i inne konstrukcje morskie, metodami obliczeń wytrzymałości konstrukcji morskich poddanych działaniom podwodnych i powietrznych fal uderzeniowych oraz sposobami zwiększania odporności konstrukcji na działania fal uderzeniowych.
<b>C5</b>	Zapoznanie słuchaczy z podstawowymi problemami odporności balistycznej konstrukcji morskich, budową i metodami badań osłon balistycznych na statkach oraz wyrobienie umiejętności obliczania kuloodporności pancerzy.
<b>C6</b>	Zapoznanie słuchaczy z metodami komputerowymi obliczania odporności udarowej konstrukcji morskich oraz wyrobienie umiejętności stosowania komercyjnych programów komputerowych do obliczeń wytrzymałości konstrukcji poddanych obciążeniom udarowym.

## WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

<b>1</b>	Znajomość podstawowych twierdzeń mechaniki klasycznej.
<b>2</b>	Znajomość podstaw wytrzymałości materiałów i mechaniki płynów.
<b>3</b>	Znajomość matematyki przewidzianej programem studiów I stopnia.

## EFEKTY KSZTAŁCENIA

<b>EK1</b>	Student zna podstawowe pojęcia odporności udarowej, potrafi omówić zjawiska fizyczne towarzyszące obciążeniom udarowym konstrukcji oraz omówić i opisać równaniami matematycznymi modele materiałów konstrukcyjnych stosowane w obliczeniach odporności udarowej.
<b>EK2</b>	Student zna empiryczne równania umożliwiające obliczenie przebiegu ciśnień wywieranych przez fale uderzeniowe na napotkane przeszkody oraz potrafi stosować te równania w obliczeniach praktycznych.
<b>EK3</b>	Student zna modele fizyczne i matematyczne zderzenia ciał sztywnych z ciałami liniowo-sprężystymi, potrafi je zastosować do obliczeń wytrzymałości udarowej lin, belek, rusztów, płyt i ładowni okrętowych oraz ocenić skutki zderzenia kadłuba statku z przeszkodami sztywnymi i odkształcalnymi.
<b>EK4</b>	Student potrafi omówić i wstępnie ocenić skutki oddziaływania wybuchów na konstrukcje morskie ze szczególnym uwzględnieniem kadłuba i wyposażenia okrętu, sformułować różniczkowe równania ruchu zgięcia kadłuba statku obciążonego falą uderzeniową oraz wskazać sposoby całkowania tych równań.
<b>EK5</b>	Student zna podstawowe pojęcia i metody badań odporności balistycznej pancerzy, potrafi omówić zjawiska fizyczne towarzyszące przebiciu pancerzy przez pociski, sformułować równania ruchu pocisku w pancerzu, oparte na różnych modelach fizycznych oraz stosować te równania w obliczeniach projektowych osłon balistycznych.

<b>EK6</b>	Student potrafi wykorzystać oprogramowanie CAE, oparte na metodzie elementów skończonych, do modelowania zagadnień z zakresu procesów krótkotrwałych - odporności udarowej konstrukcji i obiektów morskich.
<b>EK7</b>	Student uważnie śledzi treści wykładu, zadaje pytania gdy ma trudności ze zrozumieniem, dyskutuje podczas zajęć, w celu lepszego zrozumienia materiału wyszukuje informacje uzupełniające z innych źródeł.
<b>EK8</b>	Student przestrzega zasad obowiązujących na wykładach. Dyskutuje o możliwościach modyfikacji zasad w celu podniesienia efektywności odbywania wykładów przez innych studentów.
<b>EK9</b>	Aktywnie uczestniczy w wykładzie, ćwiczeniu i zgłasza się do odpowiedzi w przypadku gdy wykładowca zadaje pytanie dotyczące ich treści. Zgłasza wykładowcy swoje uwagi lub uzupełnienia odnoszące się do treści wykładów i ćwiczeń, dostarcza wykładowcy nowe materiały odnoszące się do treści poprzednich wykładów i ćwiczeń.

## TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁADY		Liczba godzin
<b>W1</b>	Podstawowe pojęcia odporności udarowej, klasyfikacja obciążeń udarowych, przemiany fizyczne w ciałach stałych wywołane udarami, modele fizyczne i matematyczne materiałów konstrukcyjnych, stosowane w obliczeniach odporności udarowej.	<b>3</b>
<b>W2</b>	Fale akustyczne i fale uderzeniowe w ciałach stałych, cieczach i gazach. Modele matematyczne rozprzestrzeniania się fal, metody obliczania sił wywieranych przez fale uderzeniowe na napotkane przeszkody.	<b>2</b>
<b>W3</b>	Obciążenia udarowe konstrukcji zbudowanych z materiału liniowo-sprężystego. Modele obliczeniowe zderzenia ciał sztywnych z ciałami liniowo-sprężystymi oraz zastosowanie tych modeli w obliczeniach wytrzymałości wybranych konstrukcji morskich.	<b>2</b>
<b>W4</b>	Odporność konstrukcji pływających na działanie wybuchów podwodnych. Ruch kadłuba statku pod działaniem podwodnej fali uderzeniowej. Wytrzymałość ogólna kadłuba statku obciążonego wybuchem podwodnym. Odporność elementów wyposażenia kadłuba okrętu na działanie wybuchów podwodnych.	<b>2</b>
<b>W5</b>	Odporność konstrukcji morskich na działanie powietrznej fali uderzeniowej.	<b>1</b>
<b>W6</b>	Odporność balistyczna. Opis zjawisk towarzyszących przebiciu pancerza przez pocisk, metody empiryczne i analityczne. Wnikanie sztywnego pocisku w odkształcalną półprzestrzeń. Zastosowanie metod analitycznych do obliczeń odporności balistycznej konstrukcji okrętowych.	<b>2</b>
<b>W7</b>	Eksperymentalne metody badań odporności balistycznej pancerzy. Budowa, działanie i bilans energetyczny wahadła balistycznego. Opracowanie wyników eksperymentu.	<b>2</b>
<b>W8</b>	Inżynierkie wykorzystanie metody elementów skończonych do modelowania szybkozmiennych zagadnień mechaniki ciała stałego.	<b>4</b>
<b>Razem</b>		<b>18</b>
ĆWICZENIA		
<b>Ć1</b>	Obliczanie rozkładu ciśnień wywieranych przez fale uderzeniowe na napotkane przeszkody.	<b>2</b>
<b>Ć2</b>	Obliczanie wytrzymałości lin cumowniczych, belek, płyt poszycia ładowni i wałów okrętowych poddanych obciążeniom udarowym.	<b>2</b>
<b>Ć3</b>	Formułowanie różniczkowych równań ruchu konstrukcji pływającej obciążonej falą uderzeniową.	<b>3</b>
<b>Ć4</b>	Obliczanie kuloodporności okrętowych osłon balistycznych.	<b>3</b>
<b>Ć5</b>	Obliczenie wytrzymałości konstrukcji pancerza kadłuba okrętu, obciążonego falą ciśnienia od niekontaktowego wybuchu miny w programie CAE.	<b>4</b>
<b>Ć6</b>	Analiza penetracji konstrukcji pancerza przez pocisk lub odłamek z wykorzystaniem oprogramowania CAE.	<b>4</b>
<b>Razem</b>		<b>18</b>

## NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

<b>1</b>	Notebook z projektorem
<b>2</b>	Tablica i kolorowe pisaki
<b>3</b>	Laboratorium komputerowe

## SPOSOBY OCENY

### FORMUJĄCA

<b>F1</b>	Odpowiedź ustna	EK1, EK4-EK5
<b>F2</b>	Wykonanie zadań obliczeniowych	EK2-EK3, EK5

### PODSUMOWUJĄCA

<b>P1</b>	Kolokwium	EK1-EK6
-----------	-----------	---------

## OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności	
	semestr	razem
Godziny kontaktowe z nauczycielem	36	36
Przygotowanie się do wykładów i ćwiczeń	12	12
Samodzielne opracowanie zagadnień	42	42
<b>SUMA GODZIN W SEMESTRZE</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
<b>PUNKTY ECTS W SEMESTRZE</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

## LITERATURA

### PODSTAWOWA

<b>1</b>	K. Cudny, Z. Powierza: Wybrane zagadnienia odporności udarowej okrętów, AMW, Gdynia 1978.
<b>2</b>	E. Włodarczyk, A. Jacowski: Balistyka końcowa pocisków szybkich, WAT, Warszawa 2008.

### UZUPEŁNIAJĄCA

<b>3</b>	S. Dobrociński: Stabilność rozwiązań zagadnień odporności udarowej konstrukcji, AMW Gdynia 2000.
<b>4</b>	M. T. Niezgodziński: Wytrzymałość materiałów, PWN, Warszawa 2010.

## PROWADZĄCY PRZEDMIOT

<b>1</b>	dr inż. Bogdan Szturomski, b.szturomski@amw.gdynia.pl
----------	---

## Formy oceny

Efekt	Na ocenę 2	Na ocenę 3	Na ocenę 4	Na ocenę 5
EK1	<i>Student zna podstawowe pojęcia odporności udarowej, potrafi omówić zjawiska fizyczne towarzyszące obciążeniom udarowym konstrukcji oraz omówić i opisać równaniami matematycznymi modele materiałów konstrukcyjnych stosowane w obliczeniach odporności udarowej.</i>			
	Student wymienia podstawowe pojęcia odporności udarowej, jednak nie potrafi omówić zjawisk fizycznych towarzyszących udarom oraz wymienić modeli materiałów konstrukcyjnych stosowanych w obliczeniach odporności udarowej.	Student zna podstawowe pojęcia odporności udarowej, potrafi omówić zjawiska fizyczne towarzyszące udarom oraz wyszczególnić i objaśnić za pomocą wykresów modele fizyczne materiałów konstrukcyjnych stosowane w obliczeniach odporności udarowej.	Student potrafi wymienić, objaśnić i opisać matematycznymi równaniami modele materiałów konstrukcyjnych stosowane w obliczeniach odporności udarowej, sklasyfikować i omówić rodzaje obciążeń udarowych oraz objaśnić zjawiska fizyczne towarzyszące udarom.	Student swobodnie definiuje i objaśnia podstawowe pojęcia odporności udarowej, omawia szczegółowo zjawiska fizyczne towarzyszące udarom oraz wymienia, objaśnia i biegło opisuje matematycznymi równaniami modele materiałów konstrukcyjnych stosowane w obliczeniach odporności udarowej.
EK2	<i>Student zna empiryczne równania umożliwiające obliczenie przebiegu ciśnień wywieranych przez fale uderzeniowe na napotkane przeszkody oraz potrafi stosować te równania w obliczeniach praktycznych.</i>			
	Student zna podstawowe równania umożliwiające obliczenie ciśnień wywieranych przez fale uderzeniowe na napotkane przeszkody, nie potrafi jednak posługiwać się tymi równaniami w obliczeniach praktycznych.	Student zna zjawiska rozprzestrzeniania się fal uderzeniowych w cieczach i gazach, potrafi napisać równania umożliwiające obliczenie maksymalnych ciśnień wywieranych przez fale uderzeniowe na napotkane przeszkody w wodzie i w powietrzu oraz posłużyć się tymi równaniami w obliczeniach praktycznych.	Student potrafi wyjaśnić zjawiska powstawania i rozprzestrzeniania się fal akustycznych i fal uderzeniowych w ośrodkach ciągłych, opisać empirycznymi równaniami przebieg zmian ciśnienia wywieranego przez fale uderzeniowe w wodzie i w powietrzu oraz stosować te równania do obliczeń.	Student objaśnia proces powstawania i rozprzestrzeniania się fal akustycznych i fal uderzeniowych w ośrodkach ciągłych, zna empiryczne równania opisujące przebieg ciśnień wywieranych na przeszkody przez fale uderzeniowe w wodzie i w powietrzu, prędkości rozprzestrzeniania się fal w ośrodkach sprężystych oraz swobodnie stosuje te równania do obliczeń praktycznych.
EK3	<i>Student zna modele fizyczne i matematyczne zderzenia ciał sztywnych z ciałami liniowo-sprężystymi, potrafi je zastosować do obliczeń wytrzymałości udarowej lin, belek, rusztów, płyt i ładowni okrętowych oraz ocenić skutki zderzenia kadłuba statku z przeszkodami sztywnymi i odkształcalnymi.</i>			
	Student zna fizyczne modele zderzenia ciał sztywnych z ciałami liniowo-sprężystymi, jednak nie potrafi przedstawić tych modeli w postaci matematycznych równań.	Student zna i potrafi zastosować do praktycznych obliczeń równania ruchu umożliwiające obliczenie naprężeń udarowych w liniowo sprężystych prętach, linach, belkach, wałach i płytach.	Student potrafi sformułować równania ruchu nieskomplikowanych konstrukcji zbudowanych z materiału liniowo sprężystego, poddanych uderzeniom ciał sztywnych oraz posługiwać się tymi równaniami w obliczeniach.	Student potrafi formułować równania ruchu układów prętowych i płytowych zderzających się z ciałami sztywnymi, stosować te równania do obliczeń inżynierskich oraz poprawnie interpretować wyniki uzyskanych obliczeń.

EK4	Student potrafi omówić i wstępnie ocenić skutki oddziaływania wybuchów na konstrukcje morskie ze szczególnym uwzględnieniem kadłuba i wyposażenia okrętu, sformułować różniczkowe równania ruchu zgięcia kadłuba statku obciążonego falą uderzeniową oraz wskazać sposoby całkowania tych równań.			
	Student omawia w sposób poglądowy skutki obciążeń konstrukcji morskich falami uderzeniowymi, jednak nie potrafi opisać przebiegu tych zjawisk za pomocą równań.	Student zna podstawy tworzenia modeli obliczeniowych konstrukcji morskich obciążanych falami uderzeniowymi oraz potrafi sformułować różniczkowe równania zgięcia ogólnego kadłuba statku, wywołanego wybuchem podwodnym.	Student potrafi formułować równania ruchu konstrukcji pływających obciążanych podwodnymi i powietrznymi falami uderzeniowymi, wskazać metody całkowania tych równań oraz omówić sposoby zmniejszania uszkodzeń wyposażenia statków narażonych na działanie fal uderzeniowych.	Student potrafi formułować równania różniczkowe ruchu konstrukcji morskich obciążanych falami uderzeniowymi, wskazuje sposoby całkowania tych równań, poprawnie interpretuje wyniki obliczeń oraz określa obszary i zakres przewidywanych uszkodzeń.
EK5	Student zna podstawowe pojęcia i metody badań odporności balistycznej pancerzy, potrafi omówić zjawiska fizyczne towarzyszące przebiciu pancerzy przez pociski, formułować równania ruchu pocisku w pancerzu, oparte na różnych modelach fizycznych oraz stosować te równania w obliczeniach projektowych osłon balistycznych.			
	Student zna podstawowe pojęcia odporności balistycznej pancerzy, lecz potrafi opisać zjawiska przebijania pancerza matematycznymi równaniami	Student zna analityczne metody opisu przebijania pancerza przez sztywny pocisk i potrafi je stosować do praktycznych obliczeń odporności balistycznej.	Student zna podstawowe modele obliczeniowe balistyki końcowej, potrafi formułować i rozwiązywać równania ruchu sztywnego pocisku w odkształcalnym pancerzu oraz stosować otrzymane rozwiązania do obliczeń projektowych.	Student potrafi formułować i rozwiązywać równania ruchu sztywnego pocisku w ośrodkach odkształcalnych, projektować na ich podstawie osłony balistyczne oraz omówić wyczerpująco metody badań esperymentalnych odporności balistycznej.
EK6	Student potrafi wykorzystać oprogramowanie CAE, oparte na metodzie elementów skończonych, do modelowania zagadnień z zakresu procesów krótkotrwałych - odporności udarowej konstrukcji i obiektów morskich.			
	Student zna oprogramowanie CAE, oparte na metodzie elementów skończonych, do modelowania zagadnień mechaniki ciała stałego, ma jednak problemy z jego praktycznym wykorzystaniem	Student z pomocą wykładowcy potrafi wykorzystać oprogramowanie CAE, oparte na metodzie elementów skończonych, do modelowania prostych zagadnień z zakresu procesów krótkotrwałych.	Student potrafi wykorzystać oprogramowanie CAE, oparte na metodzie elementów skończonych, do modelowania zagadnień z zakresu procesów krótkotrwałych -	Student samodzielnie wykorzystuje oprogramowanie CAE, oparte na metodzie elementów skończonych, do modelowania zagadnień z zakresu odporności udarowej konstrukcji i obiektów morskich.
EK7	Student uważnie śledzi treści wykładu, zadaje pytania gdy ma trudności ze zrozumieniem, dyskutuje podczas zajęć, w celu lepszego zrozumienia materiału wyszukuje informacje uzupełniające z innych źródeł.			
EK8	Student przestrzega zasad obowiązujących na wykładach. Dyskutuje o możliwościach modyfikacji zasad w celu podniesienia efektywności odbywania wykładów przez innych studentów.			
EK9	Aktywnie uczestniczy w wykładzie, ćwiczeniu i zgłasza się do odpowiedzi w przypadku gdy wykładowca zadaje pytanie dotyczące ich treści. Zgłasza wykładowcy swoje uwagi lub uzupełnienia odnoszące się do treści wykładów i ćwiczeń, dostarcza wykładowcy nowe materiały odnoszące się do treści poprzednich wykładów i ćwiczeń.			
	Nie słucha uważnie treści wykładu, nie zadaje pytania gdy ma trudności ze zrozumieniem	Słucha uważnie treści wykładu, zadaje pytania gdy ma trudności ze zrozumieniem	dyskutuje trudniejsze fragmenty zajęć w celu lepszego zrozumienia	wyszukuje informacje uzupełniające z innych źródeł

