

Trójmiejska Szkoła Doktorska Polskiej Akademii Nauk (TSD PAN), prowadzona wspólnie przez Instytut Maszyn Przepływowych PAN (IMP PAN), Instytut Budownictwa Wodnego PAN (IBW PAN) oraz Instytut Oceanologii PAN (IO PAN), została utworzona w 2019. Szkoła Doktorska oferuje kształcenie w ramach trzech dyscyplin: inżynierii mechanicznej, inżynierii lądowej i transportu oraz nauki o Ziemi i środowisku.

Monografia jest podsumowaniem aktywności naukowej pierwszego roku działalności TSD PAN i zawiera zbiór prac naukowych, z dyscypliny inżynieria mechaniczna, przygotowanych przez doktorantów Szkoły Doktorskiej.

The Tricity Doctoral School of the Polish Academy of Sciences (TSD PAN), run jointly by the Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences (IMP PAN), the Institute of Hydro-Engineering of the Polish Academy of Sciences (IBW PAN) and the Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences (IO PAN), was established in 2019. The Doctoral School offers education in three disciplines: Mechanical Engineering, Civil Engineering and Transportation as well as Earth and Environmental Science.

The monograph is a summary of the first year of TSD PAN scientific activity and contains a collection of scientific papers, from the discipline of mechanical engineering, prepared by PhD students of the Doctoral School.

TSD
PAN

ISBN: 978-83-88237-97-3

TSD
PAN

Wybrane zagadnienia inżynierii mechanicznej

Praca zbiorowa pod redakcją
Magdaleny Mieloszyk i Tomasza Ochrymiuka



TSD
PAN



Instytut Maszyn Przepływowych PAN
Instytut Budownictwa Wodnego PAN
Instytut Oceanologii PAN

tad pan

Trójmiejska Szkoła Doktorska
Polskiej Akademii Nauk



Wybrane zagadnienia inżynierii mechanicznej

Praca zbiorowa pod redakcją
Magdaleny Mieloszyk i Tomasza Ochrymiuka

Wybrane zagadnienia inżynierii mechanicznej

Praca zbiorowa pod redakcją

Magdaleny Mieloszyk i Tomasza Ochrymiuka

Gdańsk 2020

Recenzenci monografii

Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego PAN

dr hab. inż. Mariusz Banaszekiewicz

dr hab. inż. Paweł Flaszynski, prof. IMP PAN

dr inż. Jarosław Karwacki

dr inż. Tomasz Kowalczyk

dr hab. inż. Paweł Kudela, prof. IMP PAN

dr inż. Roman Kwidziński

dr hab. Paweł Malinowski, prof. IMP PAN

dr hab. inż. Ryszard Szwaba, prof. IMP PAN

dr hab. inż. Tomasz Wandowski, prof. IMP PAN

Instytut Podstawowych Problemów Techniki, PAN

dr hab. inż. Łukasz Jankowski, prof. IPPT PAN

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

dr inż. Michał Jurek,

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

dr hab. inż. Paweł Madejski, prof. AGH

Edytorzy

dr hab. inż. Magdalena Mieloszyk

dr hab. inż. Tomasz Ochrymiuk

Projekt okładki:

Mirosław Sawczak

Skład komputerowy LaTeX, łamanie, adjustacja :

Paweł Kudela, Magdalena Mieloszyk

© Copyright by Instytut Maszyn Przepływowych
im. Roberta Szewalskiego PAN, Gdańsk 2020, Wydanie I

All Rights Reserved. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Żadna część niniejszej publikacji nie może być reprodukowana ani rozpowszechniana bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

ISBN 978-83-88237-97-3



WYDAWNICTWO INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH PAN
Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk
tel. (+48) 58-52-25-141; fax (+48) 58-341-61-44
e-mail: redakcja@imp.gda.pl <https://www.imp.gda.pl/wydawnictwo>

Druk i oprawa:

Drukarnia Normex, ul. Wyspiańskiego 2, 80-432 Gdańsk

Contents

Przedmowa	7
Preface	8
1 Guided Wave Based Structural Health Monitoring	9
SAEED ULLAH	
1.1 Structural Health Monitoring	10
1.2 Basic Elements of an SHM System	13
1.3 Classification of SHM Methods	14
1.4 Guided Wave Based SHM	15
1.4.1 Guided Waves	15
1.4.2 Lamb Waves	16
1.5 Sensors and Transducers used in GWs based SHM .	18
1.5.1 Piezoelectric Sensors	19
1.5.2 Fiber Optics	20
1.5.3 Microelectromechanical Systems (MEMS) . .	21
1.5.4 Scanning Laser Doppler Vibrometer (SLDV)	22
1.6 GWs based SHM in Composite Structures	23
1.7 Conclusion	25
2 Machine Learning for SHM: Literature Review	40
ABDALRAHEEM IJJEH	
2.1 Structural Health Monitoring and motivations	41
2.2 Structural Health Monitoring for Composite Materials	42
2.3 Guided waves based Structural Health Monitoring .	45
2.4 Damage Detection and Localisation by Guided-Wave based SHM	48

2.5	Introduction to Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning	52
2.5.1	Machine learning	53
2.5.2	Deep Learning	56
2.5.3	Convolutional Neural Network	58
2.6	Data Preprocessing and Feature Extraction	61
2.6.1	Fourier Transform	62
2.6.2	Wavelet Transform	63
2.6.3	Principal component analysis	63
2.7	Deep Learning based SHM Techniques	65
2.8	Summary	69
3	Numerical modeling of dispersed turbulent flows considering particle-scale interactions. Part I: Improved Superposition Method revisited	80
	MICHAŁ RAJEK	
3.1	Introduction	81
3.1.1	Droplet-scale interactions in clouds	81
3.1.2	Stokesian dynamics	84
3.2	Selected modeling approaches	86
3.2.1	Lagrangian point-particle methods	86
3.2.2	Hybrid Direct Numerical Simulations	88
3.2.3	Particle resolved DNS	90
3.3	Improved Superposition Method	91
3.3.1	Theoretical background	91
3.3.2	Improved Superposition Method revisited: off-Center-Point Formulation	93
3.4	Conclusion and outlook	101
4	Overview of non-destructive testing methods	111
	DAMIAN MINDYKOWSKI	
4.1	Introduction	112
4.2	Theory of acoustic and elastic waves	113
4.2.1	Theory of propagation of acoustic and elastic waves	113
4.2.2	Non-destructive testing	118

4.3	Overview of NDT methods and problems related to low velocity impact damages	120
4.3.1	Contact NDT methods related to elastic waves propagation	121
4.3.2	Other contact NDT methods	129
4.3.3	Non-contact NDT methods related to elastic waves propagation	135
4.3.4	Other non-contact NDT methods	143
4.3.5	Overview of selected problems related to low velocity impact damage in composite materials	147
4.4	Summary	151
5	Badania i określenie możliwości przekształcenia istniejącej tradycyjnej gminnej sieci ciepłowniczej w nowoczesny i wysokoefektywny energetycznie niskotemperaturowy system ciepłowniczy 4 generacji	161
	BARTOSZ PIETRZYKOWSKI	
5.1	Prace przygotowawcze, badania i analizy stanu istniejącego systemu ciepłowniczego w Lubaniu, gm. Nowa Karczma	162
5.1.1	Wstęp	162
5.2	Opis systemu ciepłowniczego we wsi Lubań	170
5.3	Inwentaryzacja stanu istniejącego sieci i budynków	172
5.4	Założenia do projektu budowlanego	175
5.5	Wnioski	176
6	Mechanizmy zużycia i żywotność turbin parowych	179
	JAN PRZYTUŁSKI	
6.1	Wstęp	180
6.2	Mechanizmy zużycia turbin parowych	181
6.2.1	Zmęczenie niskocyklowe	183
6.2.2	Pełzanie	185
6.3	Żywotność turbin parowych	190
6.4	Możliwe kierunki modernizacji systemów ograniczeń termicznych	192
6.4.1	Koncepcja modernizacji	193

6.4.2	Podsumowanie i wnioski	195
-------	----------------------------------	-----

7 Wybrane problemy nowoczesnych systemów ciepłowniczych w aspekcie magazynowania ciepła 199

PIOTR LEPUTA

7.1	Wstęp	200
7.2	Skala problemu	200
7.3	Proponowane rozwiązanie	201
7.4	Plany dalszych prac	206
7.5	Podsumowanie	208

Przedmowa

W 2019 roku została utworzona Trójmiejska Szkoła Doktorska Polskiej Akademii Nauk (TSD PAN) prowadzona wspólnie przez Instytut Maszyn Przepływowych PAN (IMP PAN), Instytut Budownictwa Wodnego PAN (IBW PAN) oraz Instytut Oceanologii PAN (IO PAN). Szkoła Doktorska oferuje kształcenie w ramach trzech dyscyplin: inżynierii mechanicznej, inżynierii lądowej i transportu oraz nauki o Ziemi i środowisku.

Mam ogromną przyjemność przedstawić Państwu monografię będącą podsumowaniem aktywności naukowej pierwszego roku działalności TSD PAN zawierającą prace naukowe zaproponowane przez doktorantów Szkoły Doktorskiej. Niniejsza monografia zawiera zbiór prac z dyscypliny inżynieria mechaniczna. Ich krótkie podsumowanie doktoranci TSD PAN zaprezentowali w ramach I Seminarium Naukowego TSD PAN, które odbyło się 8 października 2020. Wydarzenie to zainauguowało cykl corocznych otwartych seminariów naukowych, na których doktoranci Szkoły Doktorskiej będą prezentowali swoje osiągnięcia naukowe.

dr hab. inż. Magdalena Mieloszyk
Dyrektor Trójmiejskiej Szkoły Doktorskiej PAN

Preface

In 2019 the Tricity Doctoral School of the Polish Academy of Sciences (TSD PAN) was established, which is run jointly by the Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences (IMP PAN), the Institute of Hydro-Engineering of the Polish Academy of Sciences (IBW PAN) and the Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences (IO PAN). The Doctoral School offers education in three disciplines: Mechanical Engineering, Civil Engineering and Transportation and Earth and Environmental Science.

It is my great pleasure to present you a monograph which is a summary of the first year of TSD PAN scientific activity, including scientific papers proposed by PhD students of the Doctoral School. This monograph contains a collection of papers from the discipline of mechanical engineering. Their short summary was presented by PhD students of TSD PAN during the 1st Scientific Seminar of TSD PAN, which took place on October 8th, 2020. This event inaugurated a series of annual open scientific seminars where PhD students of the Doctoral School will present their scientific achievements.

dr hab. inż. Magdalena Mieloszyk
Director of the Tricity Doctoral School,
Polish Academy of Sciences