

Czasopismo Naukowo-Techniczne
Wydziału Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy

Scientific-Technical Journal of
Mechanical Engineering Faculty of
UTP University of Science and Technology in Bydgoszcz



POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ

DEVELOPMENTS
IN MECHANICAL
ENGINEERING

14(7)

2019

Wydawnictwa Uczelniane
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy



ZESPÓŁ REDAKCYJNY
EDITORIAL BOARD

Przewodniczący (redaktor naczelny) – Editor-in-chief – Stanisław MROZIŃSKI

Redaktorzy Działowi – Branch editors:

<i>Eksploatacja Maszyn</i> <i>Machine Operating and Maintenance</i>	Bogdan LANDOWSKI
<i>Inżynieria Biomedyczna</i> <i>Biomedical Engineering</i>	Adam MAZURKIEWICZ
<i>Inżynieria Produkcji</i> <i>Production Engineering</i>	Marek SZCZUTKOWSKI
<i>Mechanika i Konstrukcja Maszyn</i> <i>Mechanics and Machinery Design</i>	Janusz ZACHWIEJA
<i>Maszyny i urządzenia energetyczne</i> <i>Machines and energetic devices</i>	Marcin ZASTEMPOWSKI
<i>Transport – Transport</i>	Marcin ŁUKASIEWICZ
Sekretarz Zespołu – Executive secretary	Sylwester WAWRZYŃIAK

MIĘDZYNARODOWA RADA PROGRAMOWA
INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE

Bogdan ŻÓŁTOWSKI – **przewodniczący – chairman** (PL – UTP)

Maria ČZARNOGURSKÁ (SK)	Jurek DUSZCZYK (NL)
Friedrich FRANEK (A)	Andrzej GOŁĄBCZAK (PL – PL)
Lidia ILIEVA-MITUTSOVA (BG)	Marian JANCZAREK (PL – PL)
Tomasz KICZKOWIAK (PL – PKo.)	Tomasz LIPIŃSKI (PL – UWM)
Ivan OBORSKI (UK)	Dariusz OZIMINA (PL – PŚw.)
Manfred PAHL (D)	Kazimierz PESZYŃSKI (PL – UTP)
Jindřich PETRUŠKA (CZ)	Raj B.K.N. RAO (GB)
Holger SEIDLITZ (D)	Vasily S. SHEVCHENKO (BL)
Miroslaw Jan SKIBNIEWSKI (USA)	Marian SZCZEREK (PL – ITE PIB)
Zdeněk TRÁVNÍČEK (CZ)	

Opracowanie redakcyjne i techniczne – mgr Dorota Ślachciak, mgr Patrycja Fereni-Morzyńska

Projekt okładki – mgr inż. Daniel Morzyński

© Copyright

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2019

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Praca powstała przy wsparciu projektu „Realizacja II etapu regionalnego Centrum Innowacyjności” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013

ISSN 2300-3383

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego

Redaktor Naczelny: prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski
ul. Sucha 9B, 85-796 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 52 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl <http://www.wu.utp.edu.pl>

Wyd. I. Nakład 40 egz. Ark. aut. 5,8. Ark. druk. 7,25.
Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. ul. Sucha 9B

Lista recenzentów prac opublikowanych w numerach 13(7)/2019 oraz 14(7)/2019
Reviewers list publication published in issues 13(7)/2019 oraz 14(7)/2019

prof. dr hab. inż. Andrzej Bochat	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
prof. dr hab. inż. Dariusz Boroński	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Janusz Danek, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Piotr Domanowski, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Grzegorz Golański, prof. uczelni	Politechnika Częstochowska
dr inż. Jerzy Kaszkowiak	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Adam Lipski, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Zdzisław Ławrynowicz, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Marek Macko, prof. uczelni	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
dr hab. inż. Maciej Matuszewski, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Klaudiusz Migawa, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Janusz Musiał, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Łukasz Muślewski, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Łukasz Pejkowski, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Dariusz Skibicki, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr inż. Andrzej Skibicki	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr inż. Michał Stopel	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr inż. Mariusz Sulewski	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Grzegorz Szala, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr inż. Mirosław Szubartowski	Karor – spółka jawna
dr inż. Daniel Perczyński	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr inż. Robert Polasik	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Marcin Zastempowski, prof. uczelni	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy