

**Chairman of the Cracow University of Technology Press Editorial Board**  
**Przewodniczący Kolegium Redakcyjnego Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej**

Tadeusz Tatara

**Editor-in-chief**  
**Redaktor naczelny**

Józef Gawlik  
jgawlik@mech.pk.edu.pl

**Scientific Council**  
**Rada Naukowa**

Jan Błachut – University of Liverpool (UK)  
Wojciech Bonenberg – Poznan University of Technology (Poland)  
Tadeusz Burczyński – Silesian University of Technology (Poland)  
Massimo Corcione – Sapienza University of Rome (Italy)  
Leszek Demkowicz – The University of Texas at Austin (USA)  
Joseph El Hayek – University of Applied Sciences (Switzerland)  
Ameen Farooq – Technical University of Atlanta (USA)  
Zbigniew Florjańczyk – Warsaw University of Technology (Poland)  
Marian Giżejowski – Warsaw University of Technology (Poland)  
Sławomir Gzell – Warsaw University of Technology (Poland)  
Allan N. Hayhurst – University of Cambridge (UK)  
Maria Kušnierova – Slovak Academy of Sciences (Slovakia)  
Krzysztof Magnucki – Poznan University of Technology (Poland)  
Herbert Mang – Vienna University of Technology (Austria)  
Arthur E. McGarity – Swarthmore College (USA)  
Antonio Monestiroli – Polytechnic of Milan (Italy)  
Ivor Samuels – University of Birmingham (UK)  
Miroslaw J. Skibniewski – University of Maryland (USA)  
Günter Wozny – Technical University in Berlin (Germany)  
Roman Zarzycki – Lodz University of Technology (Poland)

**Native Speakers**

**Weryfikacja językowa**

Tim Churcher  
Robin Gill  
Mike Timberlake

**Section Editor**  
**Sekretarz Sekcji**

Dorota Sapek  
dsapek@wydawnictwo.pk.edu.pl

**Editorial Compilation**  
**Opracowanie redakcyjne**

Aleksandra Urzędowska  
dsapek@wydawnictwo.pk.edu.pl

**Typesetting**  
**Skład i łamanie**

Anna Basista

**Design**  
**Projekt graficzny**

Michał Graffstein

**Series Editors**  
**Redaktorzy Serii**

**ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING**

Mateusz Gyurkovich  
mgyurkovich@pk.edu.pl

**CHEMISTRY**

Radomir Jasiński  
radomir@chemia.pk.edu.pl

**CIVIL ENGINEERING**

Marek Piekarczyk  
mpiekar@pk.edu.pl

**ELECTRICAL ENGINEERING**

Piotr Drozdowski  
pdrozdow@usk.pk.edu.pl

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

Michał Zielina  
mziel@vistula.wis.pk.edu.pl

**PHYSICS, MATHEMATICS  
AND COMPUTER SCIENCES**

Włodzimierz Wójcik  
puwojczik@cyf-kr.edu.pl

**MECHANICS**

Andrzej Sobczyk  
andrzej.sobczyk@mech.pk.edu.pl

[www.ejournals.eu/Czasopismo-Techniczne](http://www.ejournals.eu/Czasopismo-Techniczne)  
[www.technicaltransactions.com](http://www.technicaltransactions.com)  
[www.czasopismotechniczne.pl](http://www.czasopismotechniczne.pl)

© 2018 Cracow University of Technology  
ISSN 0011-4561

Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.pl>

Basic version of each Technical Transactions magazine is its online version  
Pierwotną wersją każdego zeszytu Czasopisma Technicznego jest jego wersja online