

# SCIENTIFIC JOURNAL OF THE TERNOPIL NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu)

Scientific Journal

Issued 4 times a year

Founded in September, 1996

**№ 3 (95) 2019**

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2019.03](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.03)

Founder and publisher:

Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

List of journals ISSN 2522-4433

Copyright 10.06.2010 KB № 16861-5624П

Recommended by the Scientific Council of the Ternopil Ivan Puluj National Technical University, protocol No 9, 31.10.2019.

## **Editorial board:**

P. V. Yasniy (Editor-in-Chief), P. O. Maruschak (Associate Editor), I. B. Okipnyi (Executive Editor), O. Ye. Andreikiv, V. M. Baranovsky, M. P. Karpinskyi, V. A. Kryven, R. M. Kushnir, V. S. Loveikin, S. A. Lupenko, O. L. Lyashuk, V. P. Martsenyuk, Z. T. Nazarchuk, G. M. Nykyforchyn, M. I. Palamar, O. A. Pastukh, M. R. Petryk, P. V. Popovych, P. D. Stukhlyak, G. T. Sulym, T. M. Vitenko, O. P. Yasniy.

## **International editorial board:**

A. Bhaskar (Great Britain), Z. Bozic (Croatia), F. Iacoviello (Italy), J. Fraissard (France), J. Kaleta (Poland), T. Lagoda (Poland), L. Marsavina (Romania), Yu. Lapusta (France), T. Lentla (Estonia), G. Pluvinage (France), K. Smedley (USA), A. Swic (Poland), I. Varfolomeev (Germany), T. Vuherer (Slovenia).

---

*Editorial office address:* Ternopil Ivan Puluj National Technical University,  
56, Ruska Str.  
Ternopil 46001, Ukraine.  
Tel. (380) 352 51-97-20.  
Fax: (380) 352 254983.  
E-mail: vsn@tu.edu.te.ua

WWW-address: [visnyk.tntu.edu.ua](http://visnyk.tntu.edu.ua)

**Translation of articles by English language** L. A. Dzhydzhora, N. S. Stupak, L. Y. Petryshyna.

**Managing Editor** Ye. I. Grytsenko.

**Printers reader** N. B. Koval.

**Art Editor, design, typist** A. P. Katrych.

**ISSN 2522-4433**

© Ternopil Ivan Puluj National  
Technical University, 2019

# ВІСНИК ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu)

Науковий журнал  
Виходить 4 рази у рік  
Заснований у вересні 1996 р.  
**№ 3 (95) 2019 р.**

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2019.03](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.03)

## **Засновник і видавець:**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.  
Реєстраційний номер ISSN 2522-4433.

Свідectво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
серії КВ № 16861-5624ПР від 10.06.2010 р.

Рекомендовано до друку вченою радою Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя 31.10.2019 р., протокол № 9.

## **Редакційна колегія**

П. В. Ясній (головний редактор), П. О. Марущак (заст. головного редактора),  
І. Б. Окіпний (відповідальний секретар), О. Є. Андрейків, В. М. Барановський,  
М. І. Бобир, Т. М. Вітенько, М. П. Карпінський, В. А. Кривень,  
Р. М. Кушнір, В. С. Ловейкін, С. А. Лупенко, О. Л. Ляшук, В. П. Марценюк,  
З. Т. Назарчук, Г. М. Никифорчин, М. І. Паламар, О. А. Пастух,  
М. Р. Петрик, П. В. Попович, П. Д. Стухляк, Г. Т. Сулим, О. П. Ясній.

## **Міжнародна редакційна колегія**

Ж. Божич (Хорватія), А. Бхаскар (Велика Британія), І. Варфоломєєв  
(Німеччина), Т. Вухерер (Словенія), Є. Калета (Польща), Т. Лагода  
(Польща), Ю. Лапуста (Франція), Т. Лехтла (Естонія), Л. Марсавіна  
(Румунія), Г. Плювінаж (Франція), К. Смедлі (США), Ж. Фресад (Франція),  
А. Швіц (Польща), Ф. Яковело (Італія).

Адреса редакції: 46001, Тернопіль, вул. Руська, 56.  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя.  
Телефони: (0352) 51-97-20,  
факс: (0352) 254983.  
E-mail: vsn@tu.edu.te.ua

WWW-address: [visnyk.tntu.edu.ua](http://visnyk.tntu.edu.ua)

Переклад статей англійською мовою Л. А. Джиджора, Р. С. Ступак, Л. Й. Петришина.  
Редактор Є. І. Гриценко.  
Коректор Н. Б. Коваль.  
Комп'ютерне макетування А. П. Катрич.

**ISSN 2522-4433**

© Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя, 2019