

SCIENTIFIC JOURNAL OF THE TERNOPIL NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY

https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu

Scientific Journal

Issued 4 times a year

Founded in September, 1996

№ 4 (116) 2024

https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.04

Founder and publisher:

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

List of journals ISSN 2522-4433

Publication media redistribution identities – R30-02465

Recommended by the Scientific Council of the Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
protocol No 12, 17.12.2024.

Editorial board

V. P. Iasnii (Editor-in-Chief), H. V. Krechkovska (Associate Editor), I. B. Okipnyi (Executive Editor),
M. B. Aleksander, V. M. Baranovsky, L. G. Bodrova, S. S. Homon, S. S. Gomon, Y. I. Hrytsiuk,
M. M. Dorozhovets, V. O. Dzyura, O. V. Ivakhiv, M. P. Karpinskyi, Y. V. Klymenko,
O. H. Korchenko, R. M. Kushnir, O. V. Kochan, P. I. Loboda, V. S. Loveikin, O. L. Lyashuk,
P. O. Maruschak, P. M. Martyniuk, V. P. Martsenyuk, I. V. Melnyk, A. M. Palamar,
M. I. Palamar, O. A. Pastukh, M. R. Petryk, M. I. Pidgurskyi, R. M. Rohatynskyi,
V. M. Romashko, A. S. Sverstiuk, M. O. Strembitskyi, P. D. Stukhlyak, G. T. Sulym,
B. P. Tomashevsky, Y. V. Turbal, Y. E. Famulyak, M. E. Fryz, O. P. Yasniy.

International editorial board

Z. Bozic (Croatia), A. Bhaskar (Great Britain), I. Varfolomeev (Germany), T. Vuherer (Slovenia),
Y. Zubrzycki (Poland), J. Kaleta (Poland), P. Karczmarek (Poland), T. Lagoda (Poland),
Y. Lapusta (France), S. Lupenko (Poland), M. Malek (Poland), L. Marsavina (Romania),
G. Pluvina (France), K. Smedley (USA), L. Sobaszek (Poland), S. Fialko (Poland),
J. Fraissard (France), A. Swic (Poland), F. Iacoviello (Italy).

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: vsu@tu.edu.ua

WWW-address: visnyk.tntu.edu.ua

Responsible for translation *J. V. Babiak*.

Managing Editor *Ye. I. Grytsenko*.

Printers reader *N. B. Koval*.

Art Editor, design, typist *N. B. Koval*.

ISSN 2522-4433

© Ternopil Ivan Puluj National
Technical University, 2024

ВІСНИК ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu

Науковий журнал
Виходить 4 рази у рік
Заснований у вересні 1996 р.

№ 4 (116) 2024 р.

https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.04

Засновник і видавець

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Реєстраційний номер ISSN 2522-4433.

Ідентифікатор друкованого медіа в Реєстрі – R30-02465.

Згідно з наказами Міністерства освіти і науки України № 1301 від 15.10.2019 р., № 1643 від 28.12.2019 р. та № 582 від 24.04.2024 р. науковому фаховому журналу «Вісник ТНТУ» присвоєно категорію «Б».

Рекомендовано до друку вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя 17.12.2024 р., протокол № 12.

Редакційна колегія

В. П. Ясній (головний редактор), Г. В. Кречковська (заст. головного редактора), І. Б. Окіпний (відповідальний секретар), М. Б. Александер, В. М. Барановський, Л. Г. Бодрова, Св. Св. Гомон, Св. Ст. Гомон, Ю. І. Грицюк, В. М. Дорожовець, В. О. Дзюра, О. В. Івахів, М. П. Карпінський, Є. В. Клименко, О. Г. Корченка, Р. М. Кушнір, О. В. Кочан, П. І. Лобода, В. С. Ловейкін, О. Л. Ляшук, П. О. Марущак, П. М. Мартинюк, В. П. Марценюк, І. В. Мельник, А. М. Паламар, М. І. Паламар, О. А. Пастух, М. Р. Петрик, М. І. Підгурський, Р. М. Рогатинський, В. М. Ромашко, А. С. Сверстюк, М. О. Стрембіцький, П. Д. Стухляк, Г. Т. Сулим, Б. П. Томашевський, Ю. В. Турбал, Ю. Є. Фамуляк, М. Є. Фриз, О. П. Ясній.

Міжнародна редакційна колегія

Ж. Божич (Хорватія), А. Бхаскар (Велика Британія), І. Варфоломєєв (Німеччина), Т. Вухерер (Словенія), Я. Зубжицький (Польща), Є. Калета (Польща), П. Карчмарик (Польща), Т. Лагода (Польща), Ю. Лапуста (Франція), С. Лупенко (Польща), М. Малек (Польща), Л. Марсавіна (Румунія), Г. Плювінаж (Франція), К. Смедлі (США), Л. Собашек (Польща), С. Фіалко (Польща), 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

Відповідальна за переклад статей *Ж. В. Баб'як*.

Редактор *Є. І. Грищенко*.

Коректор *Н. Б. Коваль*.

Комп'ютерне макетування *Н. Б. Коваль*.

ISSN 2522-4433

© Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, 2024

ISSN 2522-4433

Науковий журнал

ВІСНИК

ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

***Scientific
Journal***

***OF THE TERNOPIL NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY***

№ 4 (116) 2024