

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

---

Ministry of Education and Science of Ukraine  
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

# **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ,  
БУДІВНИЦТВО

**Випуск 2 (57)' 2021**

---

**ACADEMIC JOURNAL**  
INDUSTRIAL MACHINE BUILDING,  
CIVIL ENGINEERING  
**Issue 2 (57)' 2021**

Полтава – 2021

---

Poltava – 2021



[www.znp.nupp.edu.ua](http://www.znp.nupp.edu.ua)  
<http://journals.nupp.edu.ua/znp>

## **Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво / Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Збірник наукових праць видається з 1999 р., періодичність – двічі на рік.

Засновник і видавець – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 24621-14561ПР від 14.12.2020 р.

Збірник наукових праць включений до переліку наукових фахових видань (категорія Б), у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (Наказ МОН України №1218 від 07.11.2018 року).

Збірник наукових праць рекомендовано до опублікування вченою радою Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» протокол №2 від 02.09.2021 р.

У збірнику представлені результати наукових і науково-технічних розробок у галузі машинобудування, автомобільного транспорту та механізації будівельних робіт; із проектування, зведення, експлуатації та реконструкції будівельних конструкцій, будівель і споруд; їх основ та фундаментів; будівельної фізики та енергоєфективності будівель і споруд.

Призначений для наукових й інженерно-технічних працівників, аспірантів і магістрів.

### **Редакційна колегія:**

- Пічугін С.Ф.** – головний редактор, д.т.н., професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна), pichugin.sf@gmail.com
- Винников Ю.Л.** – заступник головного редактора, д.т.н., професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна), vupnykov@ukr.net
- Ільченко В.В.** – відповідальний секретар, к.т.н., доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна), znpbud@gmail.com
- Болтрик М.** – д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
- Ємельянова І.А.** – д.т.н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури (Україна)
- Галінська Т.А.** – к.т.н., доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Гасімов А.Ф.** – к.т.н., доцент, Азербайджанський архітектурно-будівельний університет (Азербайджан)
- Качинський Р.** – д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
- Коробко Б.О.** – д.т.н., професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Косіор-Казберук М.** – д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
- Камал М.А.** – д.т.н., доцент, Мусульманський університет Алігарха (Індія)
- Молчанов П.О.** – к.т.н., доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Назаренко І.І.** – д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури (Україна)
- Павліков А.М.** – д.т.н., професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Погрібний В.В.** – к.т.н., с.н.с., Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Савик В.М.** – к.т.н., доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Семко О.В.** – д.т.н., професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Шаповал В.Г.** – д.т.н., професор, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (Україна)
- Стороженко Л.І.** – д.т.н., професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Сулевська М.** – д.т.н., професор, Білостоцька політехніка (Польща)
- Васильєв Є.А.** – к.т.н., доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Вінеке-Тумауї Б.** – д.т.н., професор, Університет прикладних наук м. Банденбург (Німеччина)
- Панг С.** – к.т.н., професор, Китайський університет нафти – Пекін (Китай)
- Жусупбеков А.Ж.** – д.т.н., професор, Євразійський національний університет ім. Л.М. Гумільова (Казахстан)
- Зоценко М.Л.** – д.т.н., професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)
- Зурло Франческо** – д.т.н., професор, Міланська політехніка (Італія)

Адреса видавця та редакції – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Науково-дослідницька частина, к. 320Ф, Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, 36011.

тел.: (05322) 29875; e-mail: v171@pntu.edu.ua; www.pntu.edu.ua

Макет та тиражування виконано у поліграфічному центрі

Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,

Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, 36011.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,

виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції (ДК № 3130 від 06.03.2008 р.).

Комп'ютерна верстка – В.В. Ільченко. Коректори – Я.В. Новічкова, Л.А. Клочко.

Підписано до друку 03.09.2021 р.

Папір ксерокс. Друк різнограф. Формат 60x80 1/8. Ум. друк. арк. – 17,67.

Тираж 300 прим.

## Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering / National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

Academic journal was founded in 1999, the publication frequency of the journal is twice a year.

Founder and Publisher is National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic».

State Registration Certificate KB 24621-145611IP dated 14.12.2020.

Academic journal is included into the list of specialized academic publications where graduated thesis results could be presented (Order of Department of Education and Science of Ukraine № 1218 dated 07.11.2018).

Academic journal was recommended for publication by the Academic Board of National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», transactions №2 of 02.09.2021.

The results of scientific and scientific-technical developments in the sphere of mechanical engineering, automobile transport and mechanization of construction works; designing, erection, operation and reconstruction of structural steels, buildings and structures; its bases and foundations; building physics and energy efficiency of buildings and structures are presented in the collection.

Academic journal is designed for researchers and technologists, postgraduates and senior students.

### Editorial Board:

<b>Pichugin Sergiy</b>	– <i>Editor-in-Chief</i> , DSc, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine), pichugin.sf@gmail.com
<b>Vynnykov Yuriy</b>	– <i>Deputy Editor</i> , DSc, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine), vynnykov@ukr.net
<b>Ilchenko Volodymyr</b>	– <i>Executive Secretary</i> , PhD, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine), znpbud@gmail.com
<b>Boltryk Michal</b>	– DSc, Professor, Bialystok Technological University (Poland)
<b>Emeljanova Inga</b>	– DSc, Professor, Kharkiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)
<b>Galinska Tatiana</b>	– PhD, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Gasimov Akif</b>	– PhD, Associate Professor, Azerbaijan Architectural and Construction University (Azerbaijan)
<b>Kaczyński Roman</b>	– DSc, Professor, Bialystok Technological University (Poland)
<b>Korobko Bogdan</b>	– DSc, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Kosior-Kazberuk Marta</b>	– DSc, Professor, Bialystok Technological University (Poland)
<b>Kamal Mohammad Arif</b>	– DSc, Associate Professor, Architecture Section, Aligarh Muslim University (India)
<b>Molchanov Petro</b>	– PhD, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Nazarenko Ivan</b>	– DSc, Professor, Kyiv National Civil Engineering and Architecture University (Ukraine)
<b>Pavlikov Andriy</b>	– DSc, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Pohribnyi Volodymyr</b>	– PhD, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Savyk Vasyl</b>	– PhD, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Semko Oleksandr</b>	– DSc, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Shapoval Volodymyr</b>	– DSc, Professor, Dnipro University of Technology (Ukraine)
<b>Storozhenko Leonid</b>	– DSc, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Sulewska Maria</b>	– DSc, Professor, Bialystok University of Technology (Poland)
<b>Vasyliiev Ievgen</b>	– PhD, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Wieneke-Toutaoui Burghilde</b>	– DSc, Professor, President of Brandenburg University of Applied Sciences (Germany)
<b>Pang Xiongqi</b>	– PhD, Professor, China University of Petroleum – Beijing (China)
<b>Zhusupbekov Askar</b>	– DSc, Professor, Eurasia National L.N. Gumiliov University (Kazakhstan)
<b>Zotsenko Mykola</b>	– DSc, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine)
<b>Zurlo Francesco</b>	– DSc, Professor, Polytechnic University of Milan (Italia)

Address of Publisher and Editorial Board – National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,  
Research Centre, room 320-F, Pershotravnevyi Avenue, 24, Poltava, 36011, Ukraine.

tel.: (05322) 29875; e-mail: v171@pntu.edu.ua; www.pntu.edu.ua

Layout and printing made in the printing center of National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,  
Pershotravnevyi Avenue, 24, Poltava, 36011, Ukraine.

Registration certificate of publishing subject in the State Register of Publishers Manufacturers  
and Distributors of publishing products (DK № 3130 from 06.03.2008).

Desktop Publishing – V. Ilchenko. Corrections – Y. Novichkova, L. Klochko.

Authorize for printing 03.09.2021.

Paper copier. Print rizoğraf. Format 60x80 1/8. Conventionally printed sheets – 17,67.

Circulation 300 copies.