



ISSN 2409-9074

# **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

Серія: ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ,  
БУДІВНИЦТВО

**Випуск 2 (53)' 2019**

---

# **ACADEMIC JOURNAL**

Series: INDUSTRIAL MACHINE BUILDING,  
CIVIL ENGINEERING

**Issue 2 (53)' 2019**



**Міністерство освіти і науки України  
Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка**

---

**Ministry of Education and Science of Ukraine  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University**

# **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**Серія: ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ,  
БУДІВНИЦТВО**

**Випуск 2 (53)' 2019**

---

# **ACADEMIC JOURNAL**

**Series: INDUSTRIAL MACHINE BUILDING,  
CIVIL ENGINEERING**

**Issue 2 (53)' 2019**

**Полтава – 2019**

---

**Poltava - 2019**



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

## **Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка**

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

Засновник і видавець – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

Свідчення про державну реєстрацію КВ 8974 від 15.07.2004 р.

Збірник наукових праць уключений 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 Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, протокол № 4 від 31.10.2019 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 енергоефективності будівель і споруд.

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

### **Редакційна колегія:**

<i>Пічугін С.Ф.</i>	– <i>головний редактор</i> , д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна), <a href="mailto:pichugin.sf@gmail.com">pichugin.sf@gmail.com</a>
<i>Винников Ю.Л.</i>	– <i>заступник головного редактора</i> , д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна), <a href="mailto:vynnykov@ukr.net">vynnykov@ukr.net</a>
<i>Льченко В.В.</i>	– <i>відповідальний секретар</i> , к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна), <a href="mailto:znpbud@gmail.com">znpbud@gmail.com</a>
<i>Болтрік М.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
<i>Ємельянова І.А.</i>	– д.т.н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури (Україна)
<i>Галінська Т.А.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Гасімов А.Ф.</i>	– к.т.н., доцент, Азербайджанський архітектурно-будівельний університет (Азербайджан)
<i>Качинський Р.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
<i>Коробко Б.О.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Косіор-Казберук М.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
<i>Камал М.А.</i>	– д.т.н., доцент, Мусульманський університет Алігарха (Індія)
<i>Молчанов П.О.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Назаренко І.І.</i>	– д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури (Україна)
<i>Нестеренко М.П.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Павліков А.М.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Погрібний В.В.</i>	– к.т.н., с.н.с., Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Савик В.М.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Семко О.В.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Шаповал В.Г.</i>	– д.т.н., професор, Національний гірничий університет (Україна)
<i>Стороженко Л.І.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Сулєвська М.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцька політехніка (Польща)
<i>Тур В.В.</i>	– д.т.н., професор, Брестський державний технічний університет (Білорусь)
<i>Васильєв Є.А.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Вінке-Тумаї Б.</i>	– д.т.н., професор, Університет прикладних наук м. Банденбург (Німеччина)
<i>Панг С.</i>	– к.т.н., професор, Китайський університет нафти – Пекін (Китай)
<i>Жусупбеков А.Ж.</i>	– д.т.н., професор, Євразійський національний університет ім. Л.М. Гумільова (Казахстан)
<i>Зоценко М.Л.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Зурло Франческо</i>	– д.т.н., професор, Міланська політехніка (Італія)

Адреса видавця та редакції – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

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

тел.: (05322) 29875; e-mail: [v171@pntu.edu.ua](mailto:v171@pntu.edu.ua); [www.pntu.edu.ua](http://www.pntu.edu.ua)

Макет та тиражування виконано у поліграфічному центрі

Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка,

Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, 36011.

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

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

Комп'ютерна верстка – В.В. Льченко. Коректори – Я.В. Новічкова, М.В. Москаленко.

Підписано до друку 25.10.2019 р.

Папір ксерокс. Друк різнограф. Формат 60x80 1/8. Ум. друк. арк. – 20,93.

Тираж 300 прим.

## Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering / Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

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

Founder and Publisher is Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University.

State Registration Certificate KB № 8974 dated 15.07.2004.

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 Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, transactions № 4 of 31.10.2019.

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:

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

Address of Publisher and Editorial Board – Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,

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 Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
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.V. Ilchenko. Corrections – Y.V. Novichkova, M.V. Moskalenko.

Authorize for printing 25.10.2019.

Paper copier. Print rizoğraf. Format 60x80 1/8. Conventionally printed sheets – 20,93.

Circulation 300 copies.