

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

---

---

НАУКОВИЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЖУРНАЛ

**Металознавство**  
та  
термічна обробка металів

ЗАСНОВАНИЙ У 1997 РОЦІ

---

---

**№ 2 (93)**

---

---

ДНІПРО

2021

---

---



УДК 669017

ББК 34.2

М 54

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації **КВ № 2376** від 09.01.1997 р.

Свідоцтво – Серія ДК № 1291 від 20.03.2003 р. про внесення ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» як суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців та поширювачів видавничої продукції.

*Засновник журналу:*

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Позиція ректорату академії та редколегії може не збігатися з думками авторів журналу.

Рекомендовано до друку вченою радою ДВНЗ ПДАБА (протокол № 9 від 27.04.2021 р.).

Мови видання: українська та англійська.

Згідно з додатком 4 до наказу № 886 Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 р. журнал входить до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора та кандидата технічних наук за спеціальностями 192 – Будівництво та цивільна інженерія; 132 – Матеріалознавство.

Наукометричні бази та електронні бібліотеки, в яких зареєстрований науковий журнал: *Інформаційно-аналітична система – ResearchBib; електронні бібліотеки та пошукові системи – українські наукові журнали, Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.*

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

головний редактор – д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро

**В. І. Большаков;**

заст. гол. редактора – д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро

**Є. А. Єгоров;**

відповідальний секретар та випусковий редактор – к-т техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро

**О. А. Тимошенко.**

**ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:**

**В. М. Волчук**, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро. **С. І. Губенко**, д-р техн. наук, Національна металургійна академія України, м. Дніпро.

**В. В. Данішевський**, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро. **С. В. Іванцов**, к-т техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро. **Т. С. Кравчуновська**, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро. **В. В. Колохов**, к-т техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро. **В. З. Куцова**, д-р техн. наук, Національна металургійна академія України, м. Дніпро. **Ю. Я. Мешков**, д-р техн. наук, Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ. **Т. Д. Нікіфорова**, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро. **А. Г. Пригунова**, д-р техн. наук, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. **Г. Д. Сухомлин**, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, м. Дніпро. **Х. А. Аскеров**, к-т техн. наук, Університет Карабюк, м. Карабюк (Туреччина). **В. І. Куксенко**, к-т техн. наук, Управління з атомної енергетики Великобританії, м. Оксфорд (Великобританія).

**Художній редактор**

**С. Б. Пономарьов**

Технічний редактор та комп'ютерна верстка

**О. А. Тимошенко**

Перекладач

**О. Л. Ляпичева**

Редактор, коректор

**В. Д. Маловик**

ISSN 2413-7405



9 772413 740002

Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24-а  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
☎+38(050) 452-43-63

e-mail : [mitomdnipro1997@gmail.com](mailto:mitomdnipro1997@gmail.com), [http : //www.mtom.pgasa.dp.ua](http://www.mtom.pgasa.dp.ua)

© ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2021

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
PRYDNIPROVSKA STATE ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING  
AND ARCHITECTURE

---

---

SCIENTIFIC AND INFORMATION JOURNAL

**Metal Science  
and  
Heat Treatment of Metals**

Established in 1997

---

---

**№ 2 (93)**

---

---

DNIPRO  
2021

---

---

# Metal Science and Heat Treatment of Metals



SCIENTIFIC AND INFORMATION  
JOURNAL

UDC 669017  
LBC 34.2  
M 54

State Registration Certificate of Publication Media, series  
KB № 2376 dated 09.01.1997.

Certificate – Series ДК № 1291 dated 20.03.2003 about  
admitting SHEI “Prydniprovsk State Academy of Civil  
Engineering and Architecture” as the subject  
of publishing in the State Register of publishers  
and publishing products distribution

*Founder of the journal:*

SHEI “Prydniprovsk State Academy of Civil  
Engineering and Architecture”

The position of the rectorate of the academy and the  
editorial board can do not coincide with the opinions of  
the authors of the magazine.

Recommended for publication by the Academic Council  
of the SHEI PDABA (protocol no. 9 from 27.04.2021).

Languages: Ukrainian and English.

According to Annex 4 to Order № 886 of the Ministry of  
Education and Science of Ukraine dated 02.07.2020, the  
journal is included in the List of scientific professional  
publications of Ukraine (category "Б"), which may  
publish the results of dissertations for the degree of doctor  
and candidate of technical sciences by specialties  
192 – Construction and Civil Engineering;  
132 – Materials Science.

Scientometric databases and electronic libraries in which  
was the scientific journal: *Information and analytical  
system* – ResearchBib; *electronic libraries and search  
engines* – Ukrainian scientific journals, National library  
of Ukraine named after V. I. Vernadskyi

## EDITORIAL BOARD:

**V. I. Bolshakov**, Chief Editor, Doctor of Engineering  
Science, *SHEI PSACEA, Dnipro*

**Ye. A. Yehorov**, Deputy Chief Editor, Doctor  
of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro*

**O. A. Tymoshenko**, Executive Secretary & Editor,  
Candidate of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro*

## MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

**V. M. Volchuk**, Doctor of Engineering Science, *SHEI*

*PSACEA, Dnipro.* **V. V. Danishevskiy**, Doctor  
of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.*

**S. V. Ivantsov**, Candidate of Engineering Science, *SHEI*

*PSACEA, Dnipro.* **T. S. Kravchunovska**, Doctor  
of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.*

**V. V. Kolokhov**, Candidate of Engineering Science,  
*SHEI PSACEA, Dnipro.* **S. I. Gubenko**, Doctor  
of Engineering Science, *National Metallurgical Academy*

*of Ukraine, Dnipro.* **V. Z. Kutsova**, Doctor  
of Engineering Science, *National Metallurgical Academy*

*of Ukraine, Dnipro.* **Yu. Ya. Mieshkov**, Doctor  
of Engineering Science, *G. V. Kurdyumov Institute*

*for Metal Physics of the N. A. S. of Ukraine, Kyiv.*

**T. D. Nikiforova**, Doctor of Engineering Science, *SHEI*

*PSACEA, Dnipro.* **A. G. Pryhunova**, Doctor  
of Engineering Science, *Physico-Technological Institute*

*of Metals and Alloys of the N. A. S. of Ukraine, Kyiv.*

**H. D. Sukhomlyn**, Doctor of Engineering Science, *SHEI*

*PSACEA, Dnipro.* **H. Askerov**, Candidate  
of Engineering Science, *Karabük University, Karabük*

*(Turkey).* **V. I. Kuksenko**, Ph.D. in Physics (France),  
*UK Atomic Energy Authority, Oxford, Great Britain.*

Art Editor

**S. B. Ponomarov**

Technical Editor and Desktop Publishing

**O. A. Tymoshenko**

Translator

**O. L. Liapicheva**

Editor and Proof-reader

**V. D. Malovyk**

ISSN 2413-7405



9 772413 740002

Ukraine, 49600, Dnipro 24-a, Chernyshevskoho St.,  
Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture  
☐ +38(050) 452-43-63

e-mail : [mitomdnipro1997@gmail.com](mailto:mitomdnipro1997@gmail.com)

<http://www.mtom.pgasa.dp.ua>

© SHEI “Prydniprovsk State Academy of Civil  
Engineering and Architecture”, 2021