

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД**  
**«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ**  
**БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

---

---

**НАУКОВИЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЖУРНАЛ**

**Металознавство**  
**та**  
**термічна обробка металів**

**З А С Н О В А Н И Й У 1 9 9 7 Р О Ц І**

---

---

**№ 2 (85)**

---

---

**ДНІПРО**  
**2019**



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 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.

Затверджено до видання вченою радою ДВНЗ ПДАБА (протокол № 10 від 23.04.2019).

Мова видання: українська, російська та англійська.

Художній редактор  
**С. Б. Пономарьов**  
Технічний редактор  
**О. А. Тимошенко**  
Комп'ютерна верстка  
**О. А. Тимошенко**

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

головний редактор – д-р техн. наук

**В. І. Большаков**

заст. гол. редактора – д-р техн. наук

**В. С. Вахрушева**

д-р техн. наук

**М. В. Савицький**

д-р техн. наук

**С. І. Губенко**

д-р техн. наук

**Ю. Я. Мсшков**

д-р техн. наук

**І. Г. Узлов**

д-р техн. наук

**О. І. Бабаченко**

к-т техн. наук

**Г. В. Бергеман**

відповідальний редактор – канд. техн. наук

**О. А. Тимошенко**

Згідно з додатком № 12 до наказу Міністерства освіти і науки України від 16.05.2016 р. № 515 журнал входить до переліку № 1 «Наукові фахові видання України», в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття вчених ступенів доктора та кандидата технічних наук.

Наукометричні бази та електронні бібліотеки, в яких зареєстрований науковий журнал: *Інформаційно-аналітичні системи* – РІНЦ (eLibrary), ResearchBib; *електронні бібліотеки та пошукові системи* – Українські наукові журнали, Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.

ISSN 2413-7405



9 772413 740002

Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24-а  
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»  
☎ +38(0562) 46-93-05, +38(050) 452-43-63, +38(096)429-08-36  
E-mail : [mitomdnipro1997@gmail.com](mailto:mitomdnipro1997@gmail.com)  
<http://www.mtom.pgasa.dp.ua>

© ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2019

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ**  
**«ПРИДНИПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**  
**СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

---

---

**НАУЧНЫЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ**

**Металловедение**  
**И**  
**термическая обработка металлов**

**О С Н О В А Н В 1 9 9 7 Г О Д У**

---

---

**№ 2 (85)**

---

---

**ДНИПРО**  
**2019**



УДК 669017  
ББК 34.2  
М 54

Свидетельство о государственной регистрации печатного средства массовой информации **КВ № 2376** от 09.01.1997 г.

Свидетельство – Серия ДК № 1291 от 20.03.2003 г. о внесении ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» как субъекта издательского дела в Государственный реестр издателей и распространителей издательской продукции.

Основатель журнала:

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Позиция ректората академии и редколлегии может не совпадать с мнением авторов журнала.

Утверждено для опубликования ученым советом ГВУЗ ПГАСА (протокол № 10 от 23.04.2019).

Язык издания: украинский, русский и английский.

Художественный редактор

**С. Б. Пономарев**

Технический редактор

**Е. А. Тимошенко**

Компьютерная верстка

**Е. А. Тимошенко**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

главный редактор – д-р техн. наук

**В. И. Большаков**

зам. гл. редактора – д-р техн. наук

**В. С. Вахрушева**

д-р техн. наук

**Н. В. Савицкий**

д-р техн. наук

**С. И. Губенко**

д-р техн. наук

**Ю. Я. Мешков**

д-р техн. наук

**И. Г. Узлов**

д-р техн. наук

**А. И. Бабаченко**

к-т техн. наук

**Г. В. Бергеман**

ответственный редактор – канд. техн. наук

**Е. А. Тимошенко**

В соответствии с приложением № 12 к приказу Министерства образования и науки Украины от 16.05.2016 г. № 515 журнал входит в перечень № 1 «Научные специальные издания Украины», в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата технических наук.

Наукометрические базы и электронные библиотеки, в которых зарегистрирован научный журнал: *Информационно-аналитические системы* – РИНЦ (eLibrary), ResearchBib; *электронные библиотеки и поисковые системы* – Украинские научные журналы, Национальная библиотека Украины им. В. И. Вернадского

ISSN 2413-7405



9 772413 740002

Украина, 49600, г. Днепро, ул. Чернышевского, 24-а  
ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства  
и архитектуры»

☎ +38(0562) 46-93-05, +38(050) 452-43-63, +38(096)429-08-36

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

[http : //www.mtom.pgasa.dp.ua](http://www.mtom.pgasa.dp.ua)

©ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», 2019

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

STATE HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENT  
“PRIDNIPROVSK STATE ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING  
AND ARCHITECTURE”

---

---

SCIENTIFIC AND INFORMATION JOURNAL

**Metal Science  
and  
Heat Treatment of Metals**

Established in 1997

---

**№ 2 (85)**

---

---

\*

---

---

DNIPRO  
2019



UDC 669017  
LBC 34.2  
M 54

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

Certificate – Series DK № 1291 dated on 20.03.2003 about admitting SHEE “Pridniprovsk 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:

SHEE “Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”

The position of Rector of the Academy and editorial board can be at variance with the views of journal authors.

Approved for publication by the Academic Council SHEE PSACEA (protocol No. 10 dated on 23.04.2019).

Language: Ukrainian, Russian and English.

Art Editor

**S.B. Ponomaryov**

Technical Editor

**O.A. Tymoshenko**

Desktop Publishing

**O.A. Tymoshenko**

**EDITORIAL BOARD**

chief editor – Doctor of Engineering Science

**V.I. Bol'shakov**

deputy chief editor – Doctor of Engineering Science

**V.S. Vakhrusheva**

Doctor of Engineering Science

**M.V. Savytskiy**

Doctor of Engineering Science

**S.I. Gubenko**

Doctor of Engineering Science

**Yu.Ya. Meshkov**

Doctor of Engineering Science

**I.G. Uzlov**

Doctor of Engineering Science

**O.I. Babachenko**

Candidate of Engineering Science

**G.V. Bergeman**

executive editor – Candidate of Engineering Science (Ph. D.)

**O.A. Tymoshenko**

According to the annex to the order № 12 of the Ministry of Education and Science of Ukraine from 16.05.2016 № 515 the journal is listed to number 1 "Scientific Publications of Ukraine", in which can be published the dissertations for the degree of doctor and candidate of technical sciences results.

Scientometric databases and electronic libraries in which was the scientific journal: *Information and analytical systems* – Russian Science Citation Index (eLibrary), ResearchBib; *electronic libraries and search engines* – Ukrainian scientific journals, National library of Ukraine named V.I. Vernadsky

ISSN 2413-7405



9 772413 740002

Ukraine, 49600, Dnipro, Chernyshevskogo str., 24-a  
SHEE “Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”

☎ +38(0562) 46-93-05, +38(050) 452-43-63, +38(096)429-08-36

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

[http : //www.mtom.pgasa.dp.ua](http://www.mtom.pgasa.dp.ua)