

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»

Серія: Технології в машинобудуванні

№ 40 (1149) 2015

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2015

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 40 (1149). – 128 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ № 5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською та російською мовами.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого наказом МОН України від 21.12.2015 № 1328 «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства щодо діяльності спеціалізованих вчених рад від 15 грудня 2015 року»

Координаційна рада:

Л. Л. Товажнянський, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К. О. Горбунов, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;

Є. Є. Александров, д-р техн. наук, проф.; А. В. Бойко, д-р техн. наук, проф.;

Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.; М. Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.;

А. І. Грабченко, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.;

В. Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.;

В. В. Єпіфанов, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.;

П. О. Качанов, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.;

С. І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.; М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.;

В. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.; Г. В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.;

О. К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Ніколаєнко, канд. іст. наук, проф.;

П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; В. А. Пуляєв, д-р техн. наук, проф.;

М. І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.;

Г. М. Сучков, д-р техн. наук, проф.; Ю. В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф..

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Ю.В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф.

Заст. відповідального редактора: О. О. Ключко, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: Є. В. Басова, канд. техн. наук, доц.

Члени редколегії: С.С. Добротворський, д-р техн. наук, проф.; О.А. Мельніченко, д-р техн. наук, проф.; О.Я. Мовшович, д-р техн. наук, проф.; О.А. Пермяков, д-р техн. наук, проф.; Ю.А. Сизий, д-р техн. наук, проф.; Д.В. Сталінський, д-р техн. наук.; М.С. Степанов, д-р техн. наук, проф.; В.А. Фадєєв, д-р техн. наук, проф.; В.Д. Хіцан, д-р техн. наук, проф.; О.М. Шелковий, д-р техн. наук, проф.

*У квітні 2013 р. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Технології в машинобудуванні», включений у довідник періодичних видань бази даних **Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)**.*

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 11 від 25 «грудня» 2015р.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
«KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE»

BULLETIN
OF THE NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
«KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE»

Series: «Technologies in mechanical engineering»

№ 40 (1149) 2015

Collected Works

The publication was founded in 1961

Kharkov
NTU «KhPI»

Collected Works. Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2015. – № 40 (1149). – 128 c.

State edition

Certificate of State Committee of Ukraine for Information Policy

KB № 5256 from July 2, 2001

The collection is published in Ukrainian and Russian.

Bulletin of National Technical University «KhPI» included in the «List of scientific professional editions of Ukraine, which can be published results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences», approved by order of the (MES of Ukraine) of 21.12. 2015 № 1328 «On approval decisions Certifying Board of the Ministry for academic councils of 28 December 2015»

Coordinating Board:

L. L. Tovazhnyansky, Dr. Tech. Sci., Prof. (**chief**);
K. A. Gorbunov, PhD. Tech. Sci., Docent. (**secretary**);
A. P. Marchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; Ie. I. Sokol, member NAS of Ukraine, Dr. Tech. Sci., Prof.;
Ie. Ie. Aleksandrov, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. V. Boiko, Dr. Tech. Sci., Prof.;
F. F. Hladkyi, Dr. Tech. Sci., Prof.; M. D. Hodlevskyi, Dr. Tech. Sci., Prof.;
A. I. Hrabchenko, Dr. Tech. Sci., Prof. V. H. Danko, Dr. Tech. Sci., Prof.;
V. D. Dmytryienko, Dr. Tech. Sci., Prof.; I. F. Domnin, Dr. Tech. Sci., Prof.;
V. V. Yepifanov, PhD. Tech. Sci., Prof.; Iu. I. Zaitsev Dr. Tech. Sci., Prof.;
P. O. Kachanov, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Klepikov, Dr. Tech. Sci., Prof.;
S. I. Kondrashov, Dr. Tech. Sci., Prof.; M. A. Tkachuk Dr. Tech. Sci., Prof.;
V. I. Kravchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; H. V. Lisachuk, Dr. Tech. Sci., Prof.;
O. K. Morachkovskyi, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. I. Nikolaenko, Dr. Tech. Sci., Prof.;
P. H. Pererva, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. A. Puliaiev, Dr. Tech. Sci., Prof.;
M. I. Ryshchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Samorodov, Dr. Tech. Sci., Prof.;
H. M. Suchkov, Dr. Tech. Sci., Prof.; Iu. V. Tymofeev Dr. Tech. Sci., Prof.

Editorial Board:

Editor: Iu. V. Tymofeev, Dr. Tech. Sci., Prof.

Deputy editor: A. A. Klochko, Dr. Tech. Sci., Prof.

Secretary: Ie. V. Basova, PhD. Tech. Sci., Docent.

Members of the editorial board: S. S. Dobrotvorskyi, Dr. Tech. Sci., Prof.; O. A. Melnichenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. Ia. Movshovych, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. A. Permiakov, Dr. Tech. Sci., Prof.; Iu. A. Syzyi, Dr. Tech. Sci., Prof.; D. V. Stalinskyi, Dr. Tech. Sci.; M. S. Stepanov, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. A. Fadieiev, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. D. Khitsan Dr. Tech. Sci., Prof.; A. N. Shelkovyi, Dr. Tech. Sci., Prof.

*In April 2013 Bulletin of National Technical University «KhPI» series «Technologies in mechanical engineering» included in the directory database of periodicals **Ulrich's Periodicals Directory** (New Jersey, USA).*

Recommended for publication by the Academic Council of NTU «KhPI».

Protocol No 11 of December 25, 2015

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»**

Збірник наукових праць

Серія:
Технології в машинобудуванні

№ 40 (1149) 2015

Наукові редактори д-р техн. наук, проф. Ю.В. Тимофієв,
д-р техн. наук, проф. О.О. Ключко
Технічний редактор канд. техн. наук, доц. Є.В. Басова

Відповідальний за випуск канд. техн. наук І.Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів.
Тел.: (057) 707-66-25; e-mail: vestms@lenta.ru.

Обл.-вид № 57–15.

Підп. до друку 28.12.2015 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,0. Облік.-вид. арк. 10.
Тираж 300 пр. Зам. № 3033. Ціна договірна.

Видавець і виготовлювач
Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої справи
ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, віл Фрунзе, 21

Надруковано в друкарні ФО-П Дуюнова Т.В.
Свідоцтво про державну реєстрацію № 2475418720 від 19.11.2014 р.
61023, Харків, вул. Веснына, 12.
тел. +38 (057) 717-28-80, e-mail: promart_order@ukr.net