

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION  
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

**Вісник Національного  
технічного університету  
«ХПІ». Серія: Енергетичні  
та теплотехнічні  
процеси й устаткування**

**Bulletin of the National  
Technical University  
"KhPI". Series: Power  
and Heat Engineering  
Processes and Equipment**

№ 2'2020

No. 2'2020

Збірник наукових праць

Collection of Scientific papers

Видання засноване у 1961 р.

The edition was founded in 1961

Харків  
НТУ «ХПІ», 2020

Kharkiv  
NTU "KhPI", 2020

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування** = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Power and Heat Engineering Processes and Equipment. : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – № 2(4). – 46 с. – ISSN 2078-774X (print). – ISSN 2707-7543 (on-line).

Видання присвячене освітленню досягнень в галузях енергетичного і транспортного машинобудування. Публікуються статті, що стосуються технічної теплофізики, гідроаеромеханіки в енергетичному та авіаційному устаткуванні, оптимізації в енергомашинобудуванні, економічності і надійності теплотехнічного обладнання, застосування і верифікації сучасних CFD програм, енергозберігаючих технологій при генерації, розподілі та транспорті енергії, нетрадиційній енергетики, високих технологій та екологічних аспектів в енергомашинобудуванні.

Для науковців, викладачів вищої школи, аспірантів, студентів і фахівців в галузі енергетичного і транспортного машинобудування.

The purpose of this edition is to highlight the achievements in the field of power engineering and mechanical engineering. It includes the scientific papers that highlight the issues of engineering thermal physic and hydraulic aeromechanics peculiar for the power engineering and airborne equipment, power plant engineering optimization, cost effectiveness and reliability of the heat engineering equipment, the use and verification of state-of-the-art CFD programs, energy-saving technologies, alternative power engineering, high technologies and ecological aspects of the power plant engineering.

It is of interest for the scientists, academics of higher schools, post-graduate students and the specialists in the field of power engineering and transport engineering.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації України  
**КВ № 23777-13617Р від 14 лютого 2019 року.**

Мова статей – українська, російська, англійська.

*Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування* 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 № 1471 від 26.11.2020 р.

*Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування* включений до зовнішніх інформаційних систем, у тому числі в наукометричну базу даних Index Copernicus (Польща), Google Scholar; зареєстрований у світовому каталозі періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

**Офіційний сайт видання:** <http://etpo.khpi.edu.ua>

Засновник  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

**Редакційна колегія серії**  
*Відповідальний редактор:*  
Єфімов О. В., д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Україна  
*Відповідальний секретар:*  
Литвиненко О.О., к.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Україна  
*Члени редколегії:*  
Водка О. О., к.т.н., НТУ «ХПІ», Україна  
Гнесін В. І., д.т.н., проф., ІПМаш НАНУ, Україна  
Каверцев В. Л., к.т.н., доц., НТУ «ХПІ», Україна  
Колодяжна Л. В., д.т.н., проф., ІПМаш НАНУ, Україна  
Ligrani P., д.т.н., проф., University of Alabama in Huntsville, USA  
Matas R., к.т.н., University of West Bohemia in Plzen, Czech  
Мних А. С., д.т.н., доц., Запорізький Національний  
Університет, Україна  
Nick S., д.т.н., проф., Cardiff University, UK  
Островерхов М. Я., д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Україна  
Пилипенко М. М., д.т.н., проф., Національний науковий центр  
«Харківський фізико-технічний інститут» НАН України  
Rzadkowski R., д.т.н., проф., Institute flow machines PAN, Poland  
Ромашов Ю. В., д.т.н., проф., ХНУРЕ, Україна  
Сербін С. І., д.т.н., проф., Національний університет корабле-  
будування імені адмірала Макарова, Україна  
Туз В. О., д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Україна  
Усатий О. П., д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Україна  
Чередніченко О. К., к.т.н., доц., Національний університет  
кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна  
Черноусенко О. Ю., д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Україна  
Шубенко О. Л., д.т.н., проф., чл.-кор. НАНУ, ІПМаш НАНУ,  
Україна

Founder  
National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

**Editorial staff**  
*Associate editor:*  
Yefimov A., D.Sc., Prof., NTU "KhPI", Ukraine  
*Executive secretary:*  
Lytyvnenko O., Ph.D., Prof., NTU "KhPI", Ukraine  
*Editorial staff members:*  
Vodka O., Ph.D., NTU "KhPI", Ukraine  
Gnesin V., D.Sc., Prof., IPMach NAS of Ukraine  
Kavertsev V., Ph.D., Assistant Professor, NTU "KhPI", Ukraine  
Kolodyazhnaya L., D.Sc., Prof., IPMach NAS of Ukraine  
Ligrani P., D.Sc., Prof., University of Alabama in Huntsville, USA  
Matas R., Ph.D., University of West Bohemia in Plzen, Czech  
Mnykh A., D.Sc., Assistant Professor, Zaporizhzhya National  
University, Ukraine  
Nick S., D.Sc., Prof., Cardiff University, UK  
Ostroverkhov M., D.Sc., Prof., National Technical University of  
Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Pylypenko M., D.Sc., Prof., National Science Center 'Kharkiv  
Institute of Physics and Technology' NAS of Ukraine  
Rzadkowski R., D.Sc., Prof., Institute flow machines PAN, Poland  
Romashov Y., D.Sc., Prof., Kharkiv National University of Radio  
Electronics, Ukraine  
Serbin S., D.Sc., Prof., Admiral Makarov National University  
of Shipbuilding, Ukraine  
Tuz V., D.Sc., Prof., National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Usaty A., D.Sc., Prof., NTU "KhPI", Ukraine  
Cherednichenko O., Ph.D., Assistant Professor, Admiral Makarov  
National University of Shipbuilding, Ukraine  
Chernousenko O., D.Sc., Prof., National Technical University of  
Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Shubenko O., D.Sc., Prof., Corresponding member NAS of Ukraine,  
IPMach NAS of Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».  
Протокол № 6 від 13 листопада 2020 р.

© Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2020