

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**

№ 1(5)'2021

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

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

No. 1(5)'2021

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків
НТУ «ХПІ», 2021

Kharkiv
NTU "KhPI", 2021

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», 2021. – № 1(5). – 72 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:
Lytvynenko 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 № 2 від 26 лютого 2021 р.

© Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2021

ЗМІСТ

ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПРОЦЕСИ Й УСТАТКУВАННЯ

<i>Усатий О. П., Авдєєва О. П., Пальков І. А., Пальков С. А., Іщенко О. І.</i> Оптимізація та порівняння двох технологій виготовлення робочих решіток для ПЧ ЦВТ турбіни К-330-23,5	5
<i>Пальков І. А., Пальков С. А., Іщенко О. І., Авдєєва О. П.</i> Створення проточної частини турбіни К-1250-6,9/25 з використанням методів оптимального проектування	15
<i>Кобзар І. В., Полієнко В. Р., Гнидько О. М., Третьак О. В.</i> Динаміка і міцність корпусів та опорних елементів конструкції гідрогенераторів	19
<i>Жидецький О. І., Єфімов О. В., Каверцев В. Л.</i> Сучасні рішення по реконструкції газовідвідних трактів конвертерів, що працюють на металургійних підприємствах в Україні	25
<i>Yefimov A., Pchenko B., Tiutiunyk L., Harkusha T., Yesipenko T., Motovilnik A.</i> Basic Bases of Calculations and Optimization of NPP Power Unit Equipment Parameters Methods of Mathematical Modelling	29
<i>Єфімов О. В., Каверцев В. Л., Дягілев В. О., Гаркуша Т. А., Черниш Б. Б.</i> Аналіз двохступеневого спалювання палива в мультипаливних котлах	33
<i>Лапузін О. В., Суботович В. П., Юдін Ю. О.</i> Нові методи усереднення параметрів просторового потоку за сопловою решіткою турбомашини	38
<i>Кузик М. П., Римар Т. І.</i> Визначення оптимальних кутів нахилу сонячних панелей для довільних часових інтервалів на території України	47
<i>Баранюк О. В., Рачинський А. Ю.</i> Теплообмін шахових пакетів гвинтоподібних труб з рівнорозвиненою поверхнею в умовах природної тяги	53
<i>Тарасова В. О., Кузнецов М. О.</i> Аналіз термодинамічної ефективності холодильних циклів в залежності від визначальних теплофізичних властивостей робочих речовин	60

CONTENTS

POWER AND HEAT ENGINEERING PROCESSES AND EQUIPMENT

<i>Usatyi O., Avdieieva O., Palkov I., Palkov S., Ishchenko O.</i> Optimization and Comparison of Two Technologies for the Manufacture of Blades for Flow path HPC Turbine K-330-23.5.....	5
<i>Palkov I., Palkov S., Ishchenko O., Avdieieva O.</i> Developing the Flow Path For the K-1250-6.9/25 Turbine Unit Using the Optimal Design Methods	15
<i>Kobzar I., Polienko V., Gnytko O., Tretiak O.</i> Dynamics and Strength of Housings and Supporting Elements of Hydrogenerator Design	19
<i>Zhidetskyi O., Efimov O., Kavertsev V.</i> Modern Solutions for the Reconstruction of Gas Exhaust Ducts of Converters Operating in Ukraine	25
<i>Yefimov A., Ilchenko B., Tiutiunyk L., Harkusha T., Yesipenko T., Motovilnik A.</i> Basic Bases of Calculations and Optimization of NPP Power Unit Equipment Parameters Methods of Mathematical Modelling	29
<i>Efimov O., Kavertsev V., Dyahiliev V., Garkusha T., Chernysh B.</i> Analysis of Two-Stage Fuel Combustion in Multi-Fuel Boilers	33
<i>Lapuzin A., Subotovich V., Yudin Yu.</i> New Methods Used for the Smoothing of the Three-Dimensional Flow Behind the Turbine Nozzle Cascade	38
<i>Kuzyk M., Rymar T.</i> Determination of Optimal Angles of Solar Panels for Satisfied Time Intervals on the Territory of Ukraine	47
<i>Baranyuk A., Rachinskiy A.</i> Heat Exchange in Staggered Threaded Pipe Banks with Similar Developed Surface Patterns under Natural Draft Conditions	53
<i>Tarasova V., Kuznetsov M.</i> Analyzing the Thermodynamic Efficiency of Cooling Cycles Depending on the Determinant Thermal and Physical Properties of Operating Media.....	60