

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:  
Хімія, хімічна технологія  
та екологія**

**№ 35 (1311) 2018**

**Збірник наукових праць**

**Видання засноване у 1961 р.**

**Bulletin  
of the National Technical  
University “KhPI”**

**Series:  
Chemistry, Chemical  
Technology and Ecology**

**No. 35 (1311) 2018**

**Collection of Scientific papers**

**The edition was founded in 1961**

**Харків  
НТУ «ХПІ», 2018**

**Kharkiv  
NTU “KhPI”, 2018**

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія =**  
Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Chemistry, Chemical Technology and Ecology : зб.  
наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – №35 (1315) 2018. – 106 с. –  
ISSN 2079-0821

У збірнику представлено результати досліджень з інтеграції, ресурсо- та енергозбереження в галузі хімічної технології та інженерії. Збірник присвячено 85 річниці з дня утворення кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів (загальної хімічної технології, процесів та апаратів до 2004 року).

The collection presents the results of research on integration, resource and energy saving in the field of chemical technology and engineering. The collection is devoted to the Department of Integrated Technologies, Processes and Apparatuses (before 2004 – General Chemical Technology, Processes and Apparatuses) 85-th anniversary of the establishment.

Державне видання.

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України КВ № 5256 від 2 липня 2001 року

Мова статей – українська, російська та англійська.

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія**  
внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових степенів доктора і кандидата наук», затвердженого рішенням Атестаційної колегії МОН України щодо діяльності спеціалізованих вчених рад, від 15 грудня 2015 р., Наказ № 1328 (додаток 8) від 21.12.2015.

**Засновник** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

**Головний редактор**

Сокол Є.І., д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України, НТУ «ХПІ», Україна.

**Заступник головного редактора**

Марченко А.П., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна.

**Секретар**

Горбунов К.О., доц., НТУ «ХПІ», Україна.

**Редакційна колегія серії:**

*Відповідальний редактор:*

Рищенко І. М., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна.

*Відповідальний секретар:*

Гапонова Олена Олександрівна, доц., НТУ «ХПІ», Україна.

*Члени редколегії:*

Арсеньєва О. П., доц., НТУ «ХПІ», Україна;

Білецький В. С., НТУ «ХПІ», д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Вед' В. Є., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Георгійівський Віктор Петрович, д-р фарм. наук, чл.-кор. НАН України, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Лісачук Г. В., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Мірошніченко Д. В., д-р техн. наук, с.н.с., НТУ «ХПІ», Україна;

Некрасов П. О., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Сахненко М. Д., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Товажнянський Л. Л., д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України, НТУ «ХПІ», Україна;

Тулський Г. Г., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Шабанова Г. М., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Шаповор В. П., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна;

Левицький Іван Адамович, д-р техн. наук, проф., Білоруський державний технологічний університет (Мінськ, Республіка Білорусь);

Fischer H.B., Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Dr.-Ing., Professur Werkstoffe des Bauens-Betriebsleiter (Weimar, Bundesrepublik Deutschland);

Lesnych N., Hochschule Wismar University of Technology, Business and Design, Dahlberg-Institut für Bauwerksdiagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e. V. Wismar, Dr.-Ing., Professur (Weimar, Bundesrepublik Deutschland);

Ciak M.J., Zakład Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych, Wydział Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa, UWM w Olsztynie, Dr. hab. Inż., Prof. UWM (Olsztyn, Polska);

Rusu I.V., Universitatea Tehnică a Moldovei, Departamentul "Drumuri, materiale și mașini de construcții", Facultatea "Urbanism și Arhitectură",

coordinator de program "Ingineria materialelor și articolelor de construcții",

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

**Founder** National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute".

**Editor-in-chief**

Sokol E.I., dr. tech. sc., member-cor. of National Academy of Science of Ukraine, NTU"KhPI", Ukraine.

**Deputy editor-in-chief**

Marchenko A.P., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine.

**Secretary**

Gorbunov K.O., docent, NTU"KhPI", Ukraine.

**Editorial staff:**

*Associate editor:*

Ryshchenko I. M., dr. dech. dcii. prof. NTU"KhPI", Ukraine.

*Executive secretary:*

Gaponova O. O., docent, NTU «KhPI» .

*Editorial staff members:*

Arsenyeva, O. P., docent., NTU"KhPI", Ukraine;

Biletskyi V. S. dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Ved' V. E., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Georhiyiv's'kyj V. P., dr. pharm. sci., member-cor. of National Academy of

Science of Ukraine, prof.; NTU"KhPI", Ukraine;

Lisachuk G. V., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Miroshnichenko D.V., dr. tech. sc., senior researcher, NTU"KhPI", Ukraine;

Nekrasov P. O., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Sakhnenko M. D., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Tovazhnyansky L. L., dr. tech. sc., member-cor. of National Academy of

Science of Ukraine, NTU"KhPI", Ukraine ;

Tulskiy H. H., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Shabanova G. M., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Shapovor V. P., dr. tech. sc., prof., NTU"KhPI", Ukraine;

Levitskiy I. A., dr. tech. sc., prof., National Technical University of Belarus

(Minsk, Republic of Belarus) ;

Fischer H.B., Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen F.A.

Finger-Institut für Baustoffkunde, Dr.-Ing., Professur Werkstoffe des Bauens-

Betriebsleiter (Weimar, Bundesrepublik Deutschland);

Lesnych N., Hochschule Wismar University of Technology, Business and

Design, Dahlberg-Institut für Bauwerksdiagnostik und Instandsetzung

historischer Bausubstanz e. V. Wismar, Dr.-Ing., Professur (Weimar,

Bundesrepublik Deutschland);

Ciak M.J., Zakład Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych, Wydział

Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa, UWM w Olsztynie, Dr.

hab. Inż., Prof. UWM (Olsztyn, Polska);

Rusu I.V., Universitatea Tehnică a Moldovei, Departamentul "Drumuri,

materiale și mașini de construcții", Facultatea "Urbanism și Arhitectură",

coordinator de program "Ingineria materialelor și articolelor de construcții",

Doctor habilitat în Științe tehnice, Profesor (Chișinău, Republica Moldova).

Рекомендовано до друку Вченою Радою НТУ «ХПІ»

Протокол № 8 від 2 листопада 2018 р.