

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського**

**ВІСНИК
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського**

Випуск 3/2019 (116)

- **Професійна освіта**
- **Економіка**
- **Менеджмент**
- **Екологія**
- **Комп'ютерні науки**
- **Прикладна механіка**
- **Матеріалознавство**
- **Галузеве машинобудування**
- **Електроенергетика,
електротехніка
та електромеханіка**
- **Електроніка**

Кременчук – 2019

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

015 Професійна освіта

Беспарточна О.І., к. пед. н., доц., Україна
Еммерова Інgrid, д. філ., проф., Словаччина
Загірняк М.В., д. т. н., проф., Україна
Осадча К.П., к. пед. н., доц., Україна
Осадчий В.В., д. пед. н., проф., Україна
Павленко О.О., д. пед. н., проф., Україна
Поясок Т.Б., д. пед. н., проф., Україна
Прошкін В.В., д. пед. н., проф., Україна

051 Економіка

Гришко Н.Є., к. е. н., доц., Україна
Дружиніна В.В., д. е. н., доц., Україна
Душек Їржи., д. філ., доц., Чехія
Касич А.О., д. е. н., проф., Україна
Кратт О.А., д. е. н., проф., Україна
Маслак О.І., д. е. н., проф., Україна
Почтовюк А.Б., д. е. н., проф., Україна
Труніна І.М., д. е. н., проф., Україна

073 Менеджмент

Глазунова О.О., к. е. н., ст. викл., Україна
Загірняк Д.М., к. е. н., доц., Україна
Каван Степан, д. філ., асис., Чехія
Касич А.О., д. е. н., проф., Україна
Кривонос К.О., к. е. н., доц., Україна
Маслак О.І., д. е. н., проф., Україна
Рейд Гевін, д. філ., проф., Шотландія
Сущенко О.А., д. е. н., проф., Україна
Труніна І.М., д. е. н., проф., Україна

101 Екологія

Вамболь С.О., д. т. н., проф., Україна
Дмитриков В.П., д. т. н., проф., Україна
Мальцева І.А., д. біол. н., проф., Україна
Никифоров В.В., д. біол. н., проф., Україна
Пасенко А.В., к. т. н., доц., Україна
Самешова Догмара, д. філ., проф., Словаччина
Харламова О.В., д. т. н., доц., Україна
Шмандій В.М., д. т. н., проф., Україна

122 Комп'ютерні науки

Гученко М.І., д. т. н., проф., Україна
Коваль С.С., к. т. н., доц., Україна
Литвиненко В.І., д. т. н., проф., Україна
Миргород В.М., д. т. н., проф., Україна
Оксанич І.Г., к. т. н., доц., Україна
Хайрова Н.Ф., д. т. н., проф., Україна
Чежка Їржи., д. філ., доц., Чехія
Шевченко І.В., д. т. н., доц., Україна

131 Прикладна механіка

Воробйов В.В., д. т. н., проф., Україна
Воробйова Л.Д., к. т. н., доц., Україна
Іліас Николас, д. філ., проф., Румунія
Іщенко К.С., к. т. н., проф., Україна
Кратковський І.Л., д. т. н., проф., Україна
Курінний В.П., д. т. н., проф., Україна
Помазан М.В., к. т. н., доц., Україна
Фролов О.О., д. т. н., проф., Україна

132 Матеріалознавство

Драгобецький В.В., д. т. н., проф., Україна
Мороз М.М., д. т. н., проф., Україна
Праунсейс Здравко, д. філ., доц., Словенія
Пузир Р.Г., д. т. н., доц., Україна
Саленко О.Ф., д. т. н., проф., Україна
Симонова А.А., к. т. н., доц., Україна
Троцько О.В., к. т. н., доц., Україна
Шаповал О.О., к. т. н., доц., Україна

133 Галузеве машинобудування

Батсайхан Жанар, к. т. н., доц., Монголія
Ємельянова І.А., д. т. н., проф., Україна
Маслов О.Г., д. т. н., проф., Україна
Назаренко І.І., д. т. н., проф., Україна
Науменко Ю.В., д. т. н., проф., Україна
Нестеренко М.П., д. т. н., проф., Україна
Савелов Д.В., к. т. н., доц., Україна
Саленко Ю.С., д. т. н., проф., Україна

**141 Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка**

Загірняк М.В., д. т. н., проф., Україна
Калінов А.І., к. т. н., доц., Україна
Коренькова Т.В., к. т. н., доц., Україна
Мілявець Дам'ян, д. н., проф., Словенія
Прус В.В., к. т. н., доц., Україна
Родькін Д.Й., д. т. н., проф., Україна
Сінчук О.М., д. т. н., проф., Україна
Чорний О.П., д. т. н., проф., Україна
Штумбергер Боян, д. філ., проф., Словенія

171 Електроніка

Єрохов В.Ю., д. т. н., проф., Україна
Клюй М.І., д. фіз.-мат. н., проф., Китай
Критська Т.В., д. т. н., проф., Україна
Лозінський В.Б. к. т. н., доц., Україна
Оксанич А.П., д. т. н., проф., Україна
Притчин С.Е., д. т. н., проф., Україна
Стронський О.В., д. ф-м. н., проф., Україна
Хріпко С.Л., д. т. н., проф., Україна

Головний редактор – М. В. Загірняк, дійсний член (академік) Національної академії педагогічних наук України, д.т.н., проф.

Заступник головного редактора – В. В. Никифоров, д.б.н., проф.

Виконавчий редактор – О. В. Троцько, к.т.н., доц.

Науково-технічний редактор – І. Е. Пєєва, к.т.н.

Відповідальний секретар – Н. В. Кіцель (українська та російська мови).

Відповідальний секретар – Р. М. Кантемірова (англійська мова).

Науковий журнал видається з 1996 року. «Вісник КрНУ» внесено до групи «Б» переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук і доктора філософії (кандидата наук) зі спеціальностей: 015 Професійна освіта, 051 Економіка, 073 Менеджмент, 101 Екологія, 122 Комп'ютерні науки, 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 171 Електроніка (накази МОН України № 1218 від 07.11.18 і № 1412 від 18.12.18).

Видання надсилається до провідних наукових бібліотек України, а його електронна версія зберігається у Національній бібліотеці України імені В.І. Вернадського. Журнал індексується у загальнодержавній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»), а також у міжнародних наукометричних базах даних «*Ulrich's Web Global Serials Directory*», «*eLIBRARY*», «*Index Copernicus*», «*Polish Scholarly Bibliography*», «*Infobase Index*», «*Inspec*», «*Open Academic Journals Index*», «*Google Scholar*», «*CiteFactor*» і «*Scientific Indexing Services*».

«Вісник КрНУ» видається за рішенням Вченої ради Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (протокол № 9 від 29.05.2019 р.). Свідоцтво про державну реєстрацію друкованих засобів масової інформації серії КВ № 18771–7571 ПР від 30.01.2012.

Журнал публікує після рецензування, редагування та перевірки на оригінальність статті, які містять результати досліджень з питань розвитку науки, освіти і виробництва, впровадження нових результатів фундаментальних досліджень і прикладних розробок у таких галузях знань: освіта, соціальні та поведінкові науки, управління та адміністрування, природничі науки, інформаційні технології, механічна інженерія, електроніка та телекомунікації, електрична інженерія.

© Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2019 р.

ISSN 1995–0519

e-ISSN 2072–8263

Адреса редакції: вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, НДЧ, кімн. 3210.
т. +3805366 36217; E-mail: visnikkrnu@kdu.edu.ua; website: www.kdu.edu.ua.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

**TRANSACTIONS
OF KREMENCHUK MYKHAILO OSTROHRADSKYI
NATIONAL UNIVERSITY**

Issue 3/2019 (116)

- **Vocational Education**
- **Economics**
- **Management**
- **Ecology**
- **Computer Science**
- **Applied Mechanics**
- **Materials Science**
- **Industrial Machinery Engineering**
- **Power Energetics,
Electrical Engineering
and Electromechanics**
- **Electronics**

Kremenchuk – 2019

TRANSACTIONS OF KREMENCHUK MYKHAILO OSTROHRADSKYI NATIONAL UNIVERSITY

Kremenchuk: KrNU, 2019. Issue 3 (116). 177 p.

EDITORIAL BOARD

015 Vocational Education

Bespartochna O.I., Ph.D. (Educ.), Ass. Prof., Ukraine
Emmerova Ingrid, Ph.D., Prof., Slovakia
Zagirnyak M.V., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Osadcha K.P., Ph.D. (Educ.), Ass. Prof., Ukraine
Osadchyi V.V., D.Sc.(Educ.), Prof., Ukraine
Pavlenko O.O., D.Sc.(Educ.), Prof., Ukraine
Poiasok T.B., D.Sc.(Educ.), Prof., Ukraine
Proshkin V.V., D.Sc.(Educ.), Prof., Ukraine

051 Economics

Hryshko N.Ye., Ph.D. (Econ.), Ass. Prof., Ukraine
Druzynina V.V., Dr.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Dushek Jiri., Ph.D., Ass. Prof., Czech Republic
Kasych A.O., D.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Kratt O.A., D.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Maslak O.I., D.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Pochtoviuk A.B., D.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Trunina I.M., D.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine

073 Management

Hlazunova O.O., Ph.D. (Econ.), Sen. Lect., Ukraine
Zagirniak D.M., Ph.D. (Econ.), Ass. Prof., Ukraine
Kavan Stepan, Ph.D., Assist., Czech Republic
Kasych A.O., Dr.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Kryvonos K.O., Ph.D. (Econ.), Ass. Prof., Ukraine
Maslak O.I., Dr.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Reid Hevin, Ph.D., Prof., Scotland
Sushchenko O.A., Dr.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine
Trunina I.M., Dr.Sc.(Econ.), Prof., Ukraine

101 Ecology

Vambol S.O., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Dmytrykov V.P., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Maltseva I.A., D.Sc.(Biol.), Prof., Ukraine
Nykyforov V.V., D.Sc.(Biol.), Prof., Ukraine
Pasenko O.V., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Sameshova Dohmara, Ph.D., Prof., Slovakia
Kharlamova O.V., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Shmandiy V.M., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine

122 Computer Science

Huchenko M.I., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Koval S.S., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Lytvyenko V.I., D.Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Myrhorod V.M., D.Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Oksanich I.H., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Khairova N.F., Dr.Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Chezhka Jiri., Doct. Phil., Ass. Prof., Czech Republic
Shevchenko I.V., D.Sc.(Eng.), Ass.Prof., Ukraine

131 Applied Mechanics

Vorobiov V.V., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Vorobiova L.D., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Iliash Nykolas, Ph.D., Prof., Romania
Ishchenko K.S., Ph.D. (Eng.), Prof., Ukraine
Kratkovsky I.L., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Kurinni V.P., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Pomazan M.V., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Frolov O.O., Dr.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine

132 Materials Science

Drahobetskyi V.V., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Moroz M.M., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Praunseis Zdravko, Ph.D., Ass. Prof., Slovenia
Puzyr R.H., Dr.Sc.(Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Salenko O.F., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Symonova A.A., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Trotsko O.V., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Shapoval O.O., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine

133 Industrial Machinery Engineering

Batsaikhan Janar, Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Mongolia
Yemelianova I.A., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Maslov O.H., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Nazarenko I.I., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Naumenko Yu.V., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Nesterenko M.P., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Savielov D.V., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Salenko Yu.S., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine

141 Power Energetics, Electrical Engineering and Electromechanics

Zagirnyak M.V., Dr.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Kalinov A.I., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Korenkova T.V., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Miljavec Damian, D.Sc., Prof., Slovenia
Prus V.V., Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Rodkin D.I., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Sinchuk O.M., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Chornyi O.P., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Shtumberher Boian, Ph.D., Prof., Slovenia

171 Electronics

Yerokhov V.Yu., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Klyui M.I., D.Sc.(Phys-Math.), Prof., China
Krytska T.V., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Lozinskyi V.B. Ph.D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Oksanich A.P., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Pritchyn S.E., D.Sc.(Eng.), Prof., Ukraine
Strontsky O.V., D.Sc. (Phys-Math.), Prof., Ukraine
Khripko S.L., D.Sc. (Eng.), Prof., Ukraine

Editor-in-chief – M. Zagirnyak, full member of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, D.Sc., Prof.

Deputy Editor-in-Chief – V. V. Nykyforov, D.Sc. (Biol.), Prof.

Executive Editor – O. V. Trotsko, Ph.D. (Eng.), Ass. Prof.

Scientific and Technical Editor - I. E. Pieieva, Ph.D. (Eng.).

Executive Secretary - N. V. Kitsel (Ukrainian and Russian).

Executive Secretary - R. M. Kantemyrova (English).

The journal has been published since 1996. «Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University» is included in the «B» group in the list of scientific professional editions of Ukraine in which the results of dissertations for the scientific degrees of the Doctor of Sciences and the Doctor of Philosophy (Candidate of Sciences) in the following specialties: 015 Vocational Education, 051 Economics, 073 Management, 101 Ecology, 122 Computer Sciences, 131 Applied Mechanics, 132 Materials Science, 133 Sectoral Mechanical Engineering, 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, 171 Electronics can be published (the orders of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1218 of November 7, 2018 and No. 1412 of December 18, 2018).

The edition is sent to the leading scientific libraries of Ukraine, and its electronic version is stored in Vernadsky National Library of Ukraine. The journal is indexed in the «*Ukrainika Naukova*» national database (the «*Dzherelo*» abstract journal), as well as in the «*Ulrich's Web Global Serials Directory*», «*eLIBRARY*», «*Index Copernicus*», «*Polish Scholarly Bibliography*», «*Infobase Index*», «*Inspec*», «*Open Academic Journals Index*», «*Google Scholar*», «*CiteFactor*» i «*Scientific Indexing Services*» international scientometric databases.

The journal is published by the decision of the Academic Council of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Record No. 9 of May 29, 2019). Registration Certificate of the state registration of printed mass media: series KV No. 18771–7571 PR of January 30, 2012.

The journal publishes papers which were reviewed, edited and verified as to their originality and availability of the results of research in the development of science, education and production, the implementation of new results of fundamental research and applied developments in the following areas of knowledge: education, social and behavioral sciences, management and administration, natural sciences, information technology, mechanical engineering, electronics and telecommunications, electrical engineering.

© Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 2019

ISSN 1995–0519

e-ISSN 2072–8263

Address of the editorial office: vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600.
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Scientific and Research Department, r. 3210.
T. +3805366 36217; E-mail: visnikkrnu@kdu.edu.ua; website: www.kdu.edu.ua.
