


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО
ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Науковий збірник

Том 28,
№ 4. 2023

ЧЕРКАСИ
2023

ISSN: 2306-4412
E-ISSN: 2708-6070

Засновник:

Черкаський державний технологічний університет

Рік заснування: 1996

*Рекомендовано до друку та поширення
через мережу Інтернет Вченою радою
Черкаського державного технологічного університету
(протокол № 5 від 18 грудня 2023 р.)*

**Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації**

серії КВ 6061 від 16 квітня 2002 р.

Журнал входить до переліку наукових фахових видань України

Категорія «Б». Спеціальність:

122 – Комп'ютерні науки, 123 – Комп'ютерна інженерія, 125 – Кібербезпека,
126 – Інформаційні системи та технології, 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології, 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(наказ МОН України від 28 грудня 2019 року № 1643)

**Журнал представлено у міжнародних наукометричних базах даних,
репозитаріях та пошукових системах:** Index Copernicus Journals Master List, BASE, CiteFactor, Google
Scholar, Crossref, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Eurazian Scientific Journal Index (ESJI),
Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Open Ukrainian Citation Index

Адреса редакції:

Черкаський державний технологічний університет
18006, бульв. Шевченка, 460, м. Черкаси, Україна
E-mail: info@eb-chstu.com.ua
<https://eb-chstu.com.ua/uk>

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
CHERKASY STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY



**BULLETIN
OF CHERKASY STATE
TECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

Scientific Collection

**Volume 28,
No. 4. 2023**

CHERKASY
2023

ISSN: 2306-4412
E-ISSN: 2708-6070

Founders:

Cherkasy State Technological University

Year of foundation: 1996

*Recommended for printing and distribution
via the Internet by the Academic Council
of Cherkasy State Technological University
(Minutes 5 of December 18, 2023)*

**Certificate of state registration
of the print media**

Series KV No. 6061 of April 16, 2002

The journal is included in the list of Professional Scientific Publications of Ukraine

Category "B". Branch of sciences – Technical.

Specialty: 122 – Computer Science, 123 – Computer Engineering, 125 – Cybersecurity,
126 – Information Systems and Technologies, 151 – Automation and Computer-Integrated
Technologies, 172 – Telecommunications and Radio Engineering
(order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1643, dated December 28, 2019)

**The journal is presented international scientometric databases, repositories
and scientific systems:** Index Copernicus Journals Master List, BASE, CiteFactor, Google Scholar,
Crossref, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Eurazian Scientific Journal Index (ESJI),
Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Open Ukrainian Citation Index

Editors office address:

Cherkasy State Technological University
18006, 460 Shevchenko Blvd., Cherkasy, Ukraine
E-mail: info@eb-chstu.com.ua
<https://eb-chstu.com.ua/en>

Редакційна колегія

Головний редактор:

Еміль Фауре

Доктор технічних наук, професор кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії, проректор з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Національні члени редколегії:

Віктор Антонюк

Доктор технічних наук, професор кафедри виробництва приладів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Володимир Артемчук

Доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України, Україна

Костянтин Базіло

Доктор технічних наук, професор, доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Олександр Батраченко

Доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Максим Бондаренко

Доктор технічних наук, професор, доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Юлія Бондаренко

Кандидат технічних наук, професор, докторант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Віола Вамболь

Доктор технічних наук, професор кафедри прикладної екології та природокористування, Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", Україна

Вячеслав Ващенко

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізики, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Тетяна Вітенько

Доктор технічних наук, завідувач кафедри обладнання харчових технологій, професор, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

Сергій Вербицький

Кандидат технічних наук, Інститут продовольчих ресурсів Національна академія аграрних наук, Україна

Віталій Вязовик

Доктор технічних наук, доцент кафедри хімічних технологій та водоочищення, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Володимир Гальченко

Доктор технічних наук, професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Віктор Гевод

Доктор хімічних наук, доцент, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет", Україна

Олександр Зайчук

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічних технологій кераміки, скла та будівельних матеріалів, Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет", Україна

Сергій Заболотній

Доктор технічних наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, телекомунікаційних і робототехнічних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Ігор Коваленко

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет", Україна

Олександр Лобода	Доктор хімічних наук, професор кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Валентина Лукашенко	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Максим Мусієнко	Доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна
Василь Осипенко	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Володимир Палагін	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки та інформаційно-телекомунікаційних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Олександр Півоваров	Доктор технічних наук, професор кафедри технології неорганічних речовин і екології, Український державний хіміко-технологічний університет, Україна
Олександр Плахотний	Доктор технічних наук, доцент кафедри енерготехнологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Тетяна Прокопенко	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Олександр Ситник	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електротехнічних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Маргарита Скиба	Кандидат технічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет", Україна
Роман Смотраєв	Кандидат технічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет", Україна
Геннадій Столяренко	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та хімічних технологій неорганічних речовин, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Владислав Сухенко	Доктор технічних наук, професор кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Тетяна Уткіна	Кандидат технічних наук, доцент кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Євген Федоров	Доктор технічних наук, професор кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Лілія Фролова	Доктор технічних наук, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет", Україна
Олена Хоменко	Кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Ірина Яценко	Доктор технічних наук, професор кафедри електротехнічних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
Міжнародні члени редколегії:	
Джаміль Аль-Аззех	Кандидат наук з комп'ютерної інженерії, доцент, Прикладний університет Аль-Балка, д-р філософії, Йорданія
Казис Римантас Йонас	Доктор технічних наук, професор, керівник інституту ультразвуку, академік Академії наук Литви, Каунаський технологічний університет, Литва
Максим Явіч	Доктор філософії, професор, Кавказький університет, Грузія

Editorial Board

Editor-in-Chief:**Emil Faure**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Security and Computer engineering, Vice-Rector for Research and International Relations, Cherkasy State Technological University, Ukraine

National Members of the Editorial Board:**Viktor Antonyuk**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Instrumentation Manufacturing, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Volodymyr Artemchuk

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

Kostiantyn Bazilo

Doctor of Technical Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Oleksandr Batrachenko

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Design of Food Production and New Generation Machine Tools, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Maksym Bondarenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Iuliia Bondarenko

PhD in Technical Sciences, Professor, Doctoral student of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Viola Vambol

Doctor of Technical Sciences, Professor of Applied Ecology and Nature Management, National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Ukraine

Viacheslav Vashchenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physics, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Tetiana Vitenko

Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Food Technology Equipment, Professor, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

Sergii Verbytskyi

PhD in Technical Sciences, Institute of Food Resources National Academy of Agrarian Sciences, Ukraine

Vitalii Viazovyk

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology and Water Treatment, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Volodymyr Halchenko

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Viktor Gevod

Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine

Aleksandr Zaichuk

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemical Technologies of Ceramics, Glass and Building Materials, State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine

Serhii Zabolotnii

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Radio Engineering, Telecommunication and Robotic Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Ihor Kovalenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine

Oleksandr Loboda	Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Ecology, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Valentyna Lukashenko	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Robotics and Specialized Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Maksym Musienko	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Engineering, Black Sea National University named after Petro Mohyla, Ukraine
Vasyl Osypenko	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Design of Food Production and New Generation Machines, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Volodymyr Palahin	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Radio Engineering and Information and Telecommunication Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Oleksandr Pivovarov	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine
Oleksandr Plachotnyi	Doctor of Engineering, Associate Professor of the Department of Energy Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Tetiana Prokopenko	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Technology Design, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Oleksandr Sytnyk	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Engineering Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Margarita Skiba	PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine
Roman Smotraiev	PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine
Hennadii Stoliarenko	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry and Chemical Technologies of Inorganic Substances, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Vladyslav Sukhenko	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Tetiana Utkina	PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Robotics and Specialized Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Eugene Fedorov	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Robotics and Specialized Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Liliya Frolova	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine
Olena Khomenko	PhD in Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Ecology, Cherkasy State Technological University, Ukraine
Irina Yatsenko	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Engineering Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine

International Members of the Editorial Board:

Jamil Al-Azzeh	PhD in Computer Engineering, Associate Professor, Al-Balqa' Applied University, Jordan
Kažys Rymantas Jonas	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Ultrasound Institute, Academician of the Lithuanian Academy of Sciences, Kaunas University of Technology, Lithuania
Maksim Iavich	Doctor of Philosophy, Professor, Caucasus University, Georgia