

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ВІСНИК**  
**ЧЕРКАСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО**  
**ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Науковий збірник*

**Том 29,**  
**№ 1. 2024**

**ЧЕРКАСИ**  
**2024**

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 № 7 від 18 березня, 2024 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:** Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Crossref, CiteFactor,  
Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Eurazian Scientific Journal Index (ESJI),  
Directory of Open Access Journals (DOAJ), Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Наукова періодика  
України, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського (НБУВ), Dimensions,  
UC Library Search, Google Академія

**Адреса редакції:**

Черкаський державний технологічний університет  
18006, бульв. Шевченка, 460, м. Черкаси, Україна  
E-mail: [info@bulletin-chstu.com.ua](mailto:info@bulletin-chstu.com.ua)  
<https://bulletin-chstu.com.ua/uk>

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
CHERKASY STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY



**BULLETIN  
OF CHERKASY STATE  
TECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

*Scientific Collection*

**Volume 29,  
No. 1. 2024**

CHERKASY  
2024

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 No. 7 of March 18, 2024)*

**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". 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:** Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Crossref, CiteFactor, Index Copernicus,  
Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Eurazian Scientific Journal Index (ESJI), Directory of Open  
Access Journals (DOAJ), Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Scientific Periodicals of Ukraine,  
Vernadsky National Library of Ukraine (VNLU), Dimensions,  
UC Library Search, Google Scholar

**Editors office address:**

Cherkasy State Technological University  
18006, 460 Shevchenko Blvd., Cherkasy, Ukraine  
E-mail: [info@bulletin-chstu.com.ua](mailto:info@bulletin-chstu.com.ua)  
<https://bulletin-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 Національної академії наук 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 Національної академії 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

<b>Валентина Лукашенко</b>	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Максим Мусієнко</b>	Доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна
<b>Василь Осипенко</b>	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Володимир Палагін</b>	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки та інформаційно-телекомунікаційних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Олександр Півоваров</b>	Доктор технічних наук, професор кафедри технології неорганічних речовин і екології, Український державний хіміко-технологічний університет, Україна
<b>Олександр Плахотний</b>	Доктор технічних наук, доцент кафедри енерготехнологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Тетяна Прокопенко</b>	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Олександр Ситник</b>	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електротехнічних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Маргарита Скиба</b>	Кандидат технічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», Україна
<b>Роман Смотраєв</b>	Кандидат технічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», Україна
<b>Геннадій Столяренко</b>	Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та хімічних технологій неорганічних речовин, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Владислав Сухенко</b>	Доктор технічних наук, професор кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Тетяна Уткіна</b>	Кандидат технічних наук, доцент кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Євген Федоров</b>	Доктор технічних наук, професор кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Лілія Фролова</b>	Доктор технічних наук, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», Україна
<b>Олена Хоменко</b>	Кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет, Україна
<b>Ірина Яценко</b>	Доктор технічних наук, професор кафедри електротехнічних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна

#### **Міжнародні члени редколегії:**

<b>Джаміль Аль-Аззех</b>	Кандидат наук з комп'ютерної інженерії, доцент, Прикладний університет Аль-Балка, Йорданія
<b>Казис Римантас Йонас</b>	Доктор технічних наук, професор, керівник інституту ультразвуку, академік Академії наук Литви, Каунаський технологічний університет, Литва
<b>Максим Явіч</b>	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 of 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 of 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

<b>Valentyna Lukashenko</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Robotics and Specialized Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Maksym Musienko</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Engineering, Black Sea National University named after Petro Mohyla, Ukraine
<b>Vasyl Osypenko</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Design of Food Production and New Generation Machines, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Volodymyr Palahin</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Radio Engineering and Information and Telecommunication Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Oleksandr Pivovarov</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine
<b>Oleksandr Plachotnyi</b>	Doctor of Engineering, Associate Professor of the Department of Energy Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Tetiana Prokopenko</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Technology Design, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Oleksandr Sytnyk</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Engineering Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Margarita Skiba</b>	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
<b>Roman Smotraiev</b>	PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Inorganic Substances Technology and Ecology, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine
<b>Hennadii Stoliarenko</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry and Chemical Technologies of Inorganic Substances, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Vladyslav Sukhenko</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Tetiana Utkina</b>	PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Robotics and Specialized Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Eugene Fedorov</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Robotics and Specialized Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Liliya Frolova</b>	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
<b>Olena Khomenko</b>	PhD in Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Ecology, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>Irina Yatsenko</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Engineering Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine
<b>International Members of the Editorial Board:</b>	
<b>Jamil Al-Azzeh</b>	PhD in Computer Engineering, Associate Professor, Al-Balqa' Applied University, Jordan
<b>Kažys Rymantas Jonas</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Ultrasound Institute, Academician of the Lithuanian Academy of Sciences, Kaunas University of Technology, Lithuania
<b>Maksim Iavich</b>	Doctor of Philosophy, Professor, Caucasus University, Georgia