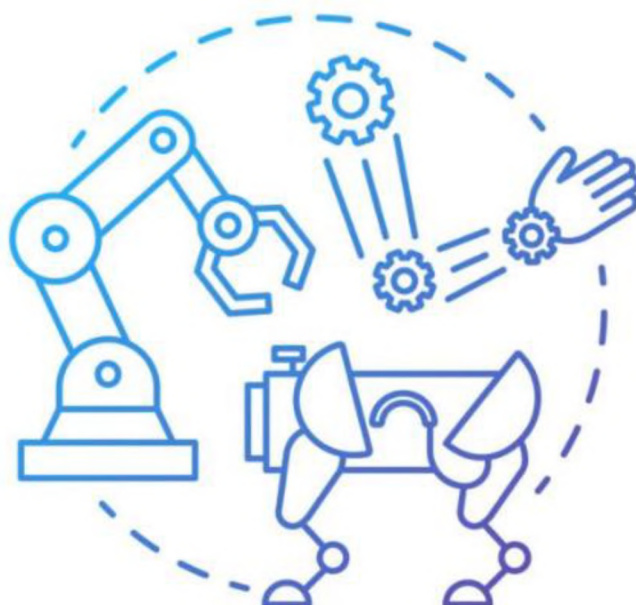


Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та  
безпекової інженерії (КІТАРБІ)



## **МАТЕРІАЛИ**

**III Всеукраїнської конференції  
«Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки»  
(Computer-integrated technologies, automation and robotics)**

**CITAR`26**

**14-15 травня 2026**

[електронне видання]

Харків 2026

**УДК: 005:004.896:62-65:338.3**

Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2026: матеріали III -ої Всеукраїнської конференції, Харків, 14-15 травня 2026.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2026. – 97 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним автоматизованим технологіям Industry 4.0 та їх впровадження; інформаційні управляючі системи технологічного призначення; математичні методи в системах автоматизації; розробка та програмування в робототехніці; штучний інтелект та машинне навчання в автоматизації; інтеграція технологій у виробництві та промисловості; сенсорні технології та взаємодія людини з роботами в Industry 5.0; ефективність використання роботизованих систем у виробництві; етика та правові аспекти в робототехніці; Інтернет речей та Інтегровані системи в комп'ютерно-інтегрованих технологіях, автоматизації та робототехніки; технологічні виклики та інновації у світі робототехніки.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв.

Computer-integrated technologies, automation and robotics 2026: Proceedings of III st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, May 14-15, 2026: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2026. - 97 p.

The collection includes abstracts devoted to modern automated technologies of Industry 4.0 and their implementation; information control systems for technological purposes; mathematical methods in automation systems; development and programming in robotics; artificial intelligence and machine learning in automation; integration of technologies in production and industry; sensor technologies and human interaction with robots in Industry 5.0; efficiency of using robotic systems in production; ethics and legal aspects in robotics; Internet of Things.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Vladyslav.V. Yevsieiev

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії (КІТАРБІ), ХНУРЕ, 2026

## КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Голова комітету конференції**

**Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Секретар конференції**

**Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Технічний секретар**

**Гурін Дмитро Валерійович**, старший викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Редакційна колегія:**

**Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та систем, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Ромашов Юрій Володимирович** доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

**Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

**Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

**Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

**Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційної безпеки та електронних комунікацій, Національний університет "Запорізька політехніка".

## ЗМІСТ

<i>A. S. Andreiev, S. V. Sotnik</i> Methods for improving the energy efficiency of small language models for autonomous robotics .....	6
<i>Y. Floru, S. Sotnik</i> Robotic process automation and integration systems for smbs: priority processes and software comparison .....	11
<i>N. Panchenko, S. Sotnik</i> Automation of thermofixation in the production of reflective clothing (reflective DTF) .....	16
<i>Elgun Jabrayilzade</i> Adaptive neural PID controllers in modeling and control of collaborative robots: analysis, comparison and application recommendations .....	21
<i>M. Vorobyov, S. Sotnik</i> Computer vision in practice: from automated quality control in manufacturing to AR applications .....	25
<i>В.М. Грижак, Н.В. Здорик, Д. В. Гурін</i> Розробка низьковартісного автоматизованого допоміжного транспортного засобу для інтегрованого виробництва .....	30
<i>Гурін Д.В.</i> Колаборативні роботи та їх інтеграція у кіберфізичні системи .....	35
<i>V.I. Ievtushenko, S.V. Sotnik</i> The development of information control systems for technological purposes .....	39
<i>R.V. Marunich, S.V. Sotnik</i> Analysis of potential cyber threats to network security .....	44
<i>V.I. Ievtushenko, S.V. Sotnik</i> Evolution of SCADA architecture: from centralized models to cloud-based solutions .....	49
<i>Ю.М. Мірошниченко Д.В. Гурін</i> Розробка макету автоматизованої системи паркування «Smart Parking» .....	54
<i>Р.О.Носик, І.О. Толкунов</i> Огляд сучасних засобів для знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів та деякі математичні моделі щодо ефективного та безпечного їх застосування .....	59
<i>D.A. Sukhomlinova, S.V. Sotnik</i> Analysis of autonomous navigation methods for drone swarms: centralized and decentralized approaches .....	64
<i>О.В. Мамонтов</i> Вібраційні методи вимірювання статичної неврівноваженості жорстких роторів .....	69
<i>Є.В. Шалько</i> Моделі безпечної взаємодії автоматизованого транспорту та персоналу в сучасних інтелектуальних складських системах .....	72
<i>Svitlana Maksymova</i> Prospects of using collaborative robots in radioelectronic instrument manufacturing .....	77
<i>Д.А. Янушкевич</i> Сучасні технології автоматизації виробничих логістичних систем в концепціях Логістика 4.0 та Логістика 5.0 .....	80

## ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ТА ДЕЯКІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЩОДО ЕФЕКТИВНОГО ТА БЕЗПЕЧНОГО ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

**Носик Р.О., І. О. Толкунов**

Національний університет цивільного захисту України

Україна, 18034, м. Черкаси, вул. Онопрієнка, 8

E-mail: [tolkunov\\_igor@nuczu.edu.ua](mailto:tolkunov_igor@nuczu.edu.ua)

**Анотація:** проаналізовано методи та технічні засоби, які застосовуються для знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів, а також обґрунтовано доцільність та можливість їх використання персоналом піротехнічних підрозділів ДСНС України для проведення подібних операцій та наведено математичне обґрунтування щодо ефективного та безпечного використання цих технологій в сучасних умовах.

**Ключові слова:** гуманітарне розмінування, роботизований комплекс.

## REVIEW OF MODERN MEANS FOR DISPOSAL AND DESTRUCTION OF EXPLOSIVE ITEMS AND SOME MATHEMATICAL MODELS FOR THEIR EFFECTIVE AND SAFE APPLICATION

**Roman Nosyk, Ihor Tolkunov**

National University of Civil Defense of Ukraine

Ukraine, 18034, Cherkasy, Onopriyenko St., 8

E-mail: [tolkunov\\_igor@nuczu.edu.ua](mailto:tolkunov_igor@nuczu.edu.ua)

**Abstract:** the methods and technical means used to neutralize and destroy explosive objects were analyzed, as well as the feasibility and possibility of their use by the personnel of the pyrotechnic units of the State Emergency Service of Ukraine for conducting such operations were substantiated, and a mathematical justification was provided for the effective and safe use of these technologies in modern conditions.

**Keywords:** humanitarian demining, robotic complex.

В умовах збройних конфліктів, гуманітарних операцій та розширення практики гуманітарного розмінування підвищення ефективності та безпеки робіт зі знищення вибухонебезпечних предметів (ВНП) стає першочерговим завданням державної політики у сфері безпеки, цивільного захисту та відновлення територій [1, 2]. Масштаби мінно-вибухового забруднення територій, зростання кількості саморобних вибухових пристроїв та застосування боеприпасів із відкладеною дією суттєво ускладнюють виконання завдань інженерного забезпечення та гуманітарного розмінування [3].

Сучасні технології спрямовані на мінімізацію ризиків для саперів та персоналу, які залучаються до робіт з розмінування і нейтралізації вибухових загроз. Пріоритетними стають рішення, що забезпечують дистанційність виконання операцій, підвищення точності ідентифікації об'єктів, зниження впливу людського фактору та інтеграцію систем моніторингу в єдину інформаційну інфраструктуру управління. Разом із тим, навіть широке впровадження роботизованих систем не усуває необхідності наукового обґрунтування вибору технічних засобів, оптимізації режимів їх застосування та кількісної оцінки ризиків.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Одним з ключових напрямів розвитку у сфері знешкодження ВНП є застосування роботизованих комплексів, які дозволяють виконувати найнебезпечніші операції без прямої участі людини [4, 5]. Так, у світі визнаними та широко використовуваними є роботи серії **TALON** (рис. 1), що призначені для дистанційної обробки,

пересування, знешкодження та знищення ВВП із використанням маніпуляторів і сенсорних систем передачі даних на значну відстань від оператора у складних умовах міського середовища та на промислових об'єктах.

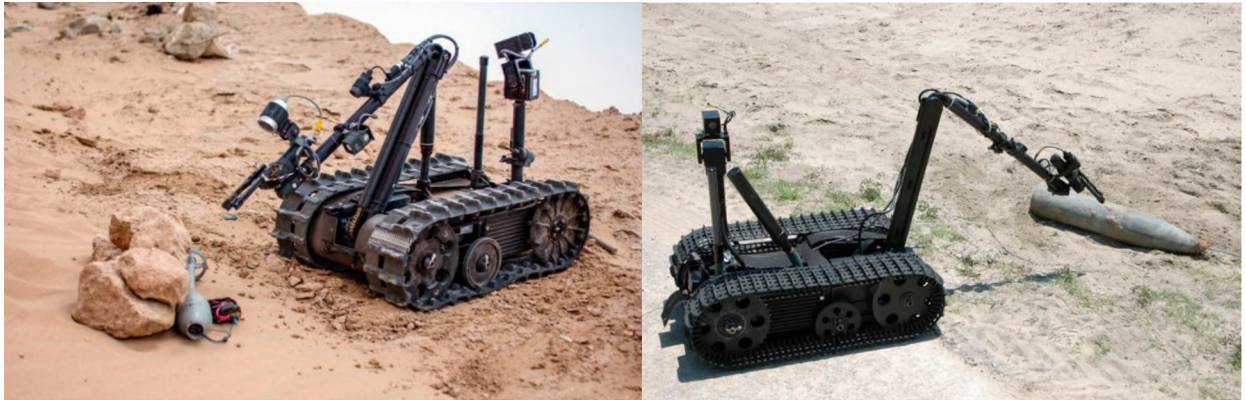


Рисунок 1 – Дистанційно керований гусеничний військовий робот Foster-Miller TALON

Британський робот *Wheelbarrow*, історично один із перших роботів для розмінування, також демонструє еволюцію підходів: від простих дистанційних платформ до сучасних модифікацій із маніпуляторами, які працюють на 360°, та здатністю долати складні перешкоди на місцевості. У 2025 році на озброєння деяких армій світу були прийняті нові універсальні роботизовані платформи типу *T4* (рис. 2), що здатні працювати з різними типами ВВП – від підозрілих пристроїв до мін і саморобних вибухових пристроїв, значно підвищуючи швидкість та безпеку операцій.



Рисунок 2 – Британські багатофункціональні роботи типу L3Harris T4

В той же час, особливої актуальності набуває розроблення математичних моделей оцінювання ефективності та небезпеки робіт, які дозволяють: формалізувати вплив різнорідних факторів; здійснювати порівняльний аналіз технічних засобів; прогнозувати ризики для персоналу; обґрунтовувати управлінські рішення щодо вибору способів знищення ВВП.

**Модель інтегральної оцінки ефективності** дозволяє кількісно оцінити результативність застосування різних засобів знешкодження та знищення ВВП у межах однієї операції. Вона враховує не лише кількість знищених ВВП, а й часові та ресурсні витрати, що є критичними показниками в умовах обмежених можливостей піротехнічних підрозділів.

$$E = \sum_{i=1}^n w_i \frac{N_{z,i}}{T_i R_i}, \quad (1)$$

де  $E$  – інтегральний показник ефективності операції;  $i$  – номер застосованого засобу

знищення ( $i = 1 \dots n$ );  $n$  – загальна кількість застосованих засобів, од.;  $w_i$  – ваговий коефіцієнт значущості  $i$ -того засобу;  $N_{z,i}$  – кількість ВВП, знижених  $i$ -тим засобом, од.;  $T_i$  – час застосування  $i$ -того засобу, год.;  $R_i$  – витрати ресурсів при застосуванні  $i$ -того засобу.

Використання вагових коефіцієнтів  $w_i$  дає змогу врахувати технічний рівень, надійність та тактичні можливості кожного засобу. Таким чином, модель дозволяє порівнювати різні технічні рішення та обґрунтовувати доцільність їх застосування у конкретних умовах.

**Модель визначення коефіцієнта небезпечності ділянки** призначена для комплексної оцінки умов, у яких проводяться роботи зі знищення ВВП. Вона враховує множину факторів, що характеризують мінно-вибухове забруднення, фізико-географічні умови та особливості розташування об'єктів інфраструктури.

$$K_j = \sum_{k=1}^s a_k f_{k,j}(x_1, x_2, \dots, x_p), \quad (4)$$

де  $K_j$  – коефіцієнт безпеки  $j$ -тої ділянки;  $k$  – номер фактору безпеки ( $k = 1 \dots s$ );  $s$  – кількість факторів безпеки;  $a_k$  – ваговий коефіцієнт  $k$ -того фактору ( $\sum_{k=1}^s a_k = 1$ );

$f_{k,j}$  – функція  $k$ -того фактору для  $j$ -тої ділянки;  $x_1 \dots x_p$  – параметри середовища (грунт, рельєф, щільність ВВП тощо).

Функція  $f_{k,j}$  відображає **частковий вплив  $k$ -го фактора безпеки на  $j$ -ту ділянку місцевості** та є нормованою безрозмірною величиною, що характеризує ступінь ускладнення виконання робіт зі знищення вибухонебезпечних предметів:

$$f_{k,j} = f(x_{k,j}^{(1)}, x_{k,j}^{(2)}, \dots, x_{k,j}^{(m)}), \quad (5)$$

де  $k$  – номер фактора безпеки,  $k = 1, 2, \dots, K$ ;  $j$  – номер ділянки місцевості,  $j = 1, 2, \dots, J$ ;  $m$  – кількість параметрів, що описують конкретний фактор.

Для забезпечення порівнюваності результатів значення функції визначається в межах:

$$0 \leq f_{k,j} \leq 1$$

де  $f_{k,j} = 0$  – відсутність впливу фактора;  $f_{k,j} = 1$  – максимальний рівень негативного впливу.

З аналітичної точки зору функція  $f_{k,j}$  може бути представлена у формі наступного виразу:

$$f_{k,j} = \sum_{p=1}^m a_{k,p} \cdot \phi_p(x_{k,j}^{(p)}), \quad (6)$$

де  $x_{k,j}^{(p)}$  – значення  $p$ -го параметра  $k$ -го фактора на  $j$ -тій ділянці, приклади яких наведені у табл. 1;  $\phi_p(x)$  – нормувальна або нелінійна перетворююча функція;  $a_{k,p}$  – ваговий коефіцієнт значущості параметра.

Таблиця 1 – Приклади параметрів  $x_{k,j}^{(p)}$

Фактор $K$	Параметр $x_{k,j}^{(p)}$	Опис параметра
1	$x_{1,j}^{(1)}$	Кількість ВВП, виявлених на 1 га
1	$x_{1,j}^{(2)}$	Частка неконтактних мін
2	$x_{2,j}^{(1)}$	Кут ухилу рельєфу
2	$x_{2,j}^{(2)}$	Тип ґрунту
3	$x_{3,j}^{(1)}$	Щільність забудови
4	$x_{4,j}^{(1)}$	Віддаленість від пункту базування

На рис. 3 показано графічну інтерпретацію функції  $f_{k,j}$ , у вигляді комбінованого графіка зі стохастичними відхиленнями (які враховують похибки при вимірюваннях, результати експертних оцінок, неоднорідність реальної місцевості, вплив неформалізованих факторів тощо) як залежність значення часткової функції небезпеки від нормованого параметра  $x_{k,j} \in [0;1]$  для різних груп факторів. Графік **не відображає чисельні значення** функції  $f_{k,j}$ , але ілюструє її **загальні тенденції**.

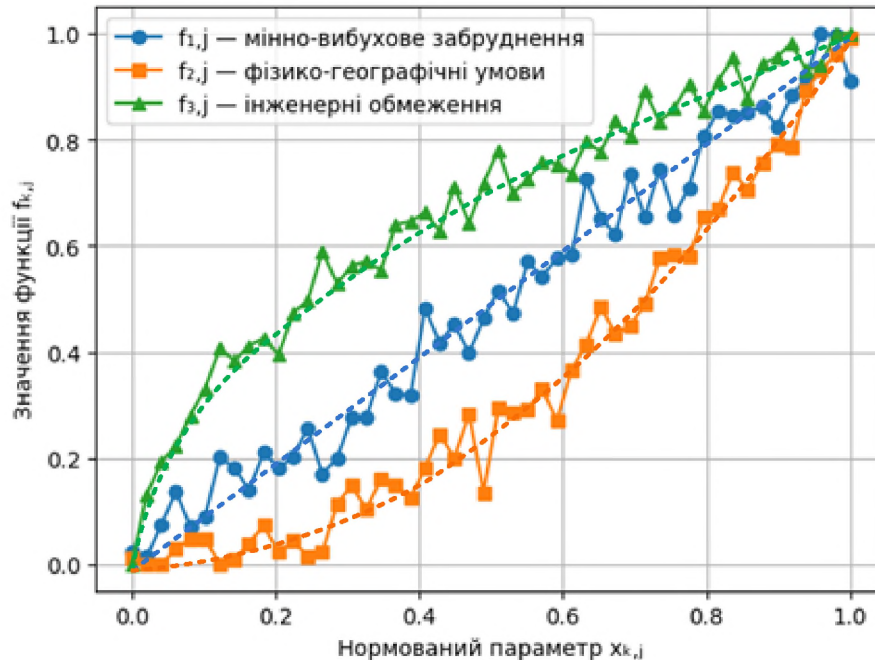


Рисунок 3 – Емпірична залежність значень часткових функцій небезпеки  $f_{k,j}$  від нормованих параметрів факторів

Застосування функцій  $f_{k,j}$  дозволяє адаптувати модель до різних типів територій та рівнів деталізації вхідних даних. Нормування вагових коефіцієнтів забезпечує порівнюваність оцінок між різними ділянками. З практичної точки зору функція  $f_{k,j}$  може застосовуватися для вирішення наступних завдань: при розрахунку інтегрального коефіцієнта небезпеки ділянки; для ранжирування територій за складністю робіт; у моделях розподілу ресурсів і вибору засобів знищення ВВП; як вхідна змінна у прогнозах та імітаційних моделях.

**ВИСНОВКИ.** 1. Сучасні технології знищення ВВП представляють собою **комплекс дистанційних, роботизованих механічних рішень**, які істотно підвищують безпеку саперів, зменшують часові витрати на операції та адаптовані до викликів гуманітарного розмінування. Перспективним є подальше впровадження автономних і напівавтономних платформ, інтеграція датчиків і обробки даних у реальному часі, а також розвиток легких модульних систем для розширення можливостей підрозділів у мінно-небезпечних районах.

2. Використання запропонованих математичних моделей створює основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень, підвищення безпеки персоналу та раціонального використання ресурсів під час виконання робіт зі знищення ВВП.

#### ЛІТЕРАТУРА

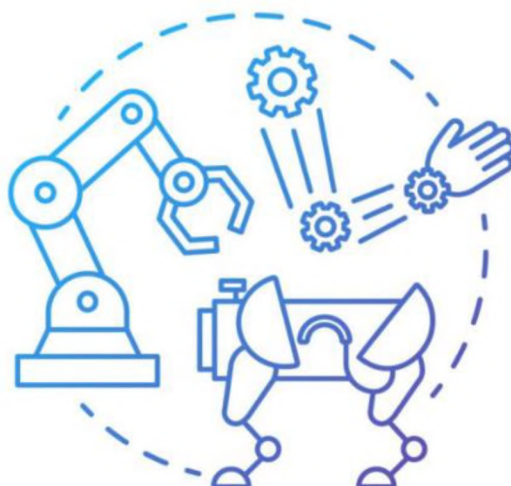
1. Закон України від 06.12.2018 № 2642-VIII «Про протимінну діяльність в Україні». (Відомості Верховної Ради України. 2019. № 1).
2. ДСТУ 8820:2023. «Протимінна діяльність. Процеси управління. Основні положення».

Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023.

3. A Guide to Mine Action / Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Geneva: GICHD, 2014. 148 p.

4. Habib M. K. Humanitarian Demining: Reality and the Challenge of Technology – The State of the Art. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2007. Vol. 4, No. 2. P. 151–172.

5. Невлюдов І.Ш., Янушкевич Д.А., Толкунов І.О. та ін. Обґрунтування необхідності створення робото-технічних комплексів для гуманітарного розмінування. / Збірник наукових праць «ПНС». Х.: НУЦЗУ, 2023. 2(38). С.17-38.



**Відповідальний редактор:** д.т.н., проф. Євсєєв В.В.

Рекомендовано рішенням Вченої ради  
факультету автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та систем  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол № 2 від 10.04.2026

Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2026: матеріали III-ої  
Всеукраїнської конференції, Харків, 14-15 травня 2026.: тези доповідей / [редкол. І.Ш.  
Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2026. – 97 с.

Computer-integrated technologies, automation and robotics 2026: Proceedings of III st All-Ukrainian  
Conference, Kharkiv, May 14-15, 2026: Thesises of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .-  
Kharkiv .: [electronic version], 2026. - 97 p.