

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та
безпекової інженерії

**I Всеукраїнська конференція
«Інтелектуальні технології цивільної безпеки та
робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт»**



**I All-Ukrainian Conference
“Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for
Emergency and Rescue Operations”**

ICSTRO

2026

I All-Ukrainian Conference

February 12 - 13, 2026

Kharkiv

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Інтелектуальні технології цивільної безпеки та робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт 2026: матеріали I-ої Всеукраїнська конференція, Харків, 12-13 лютого 2026 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2026. – 192 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів моделювання, прогнозування та управління ризиками у сфері цивільної безпеки; техногенна та виробнича безпека: технічні засоби, оцінка ризиків, експертиза; інтелектуальні та робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт; кіберфізичні системи, інформаційна безпека та цифровий захист виробництв; інформаційно-комунікаційні технології в системах управління та моніторингу надзвичайних ситуацій; сталий розвиток, екологічна безпека та соціальна відповідальність у сфері цивільної безпеки; інтелектуальні системи прийняття рішень у сфері цивільного захисту.

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

Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for Emergency and Rescue Operations 2026: Proceedings of I st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, February 12 - 13, 2026: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2026. - 192 p.

The collection includes the theses of reports on devoted to current trends in the development of technologies and tools for modeling, forecasting, and risk management in the field of civil safety; industrial and technological safety, including technical means, risk assessment, and expert evaluation; intelligent and robotic systems for emergency and rescue operations; cyber-physical systems, information security, and digital protection of industrial facilities; information and communication technologies in emergency management and monitoring systems; sustainable development, environmental safety, and social responsibility in the field of civil safety; and intelligent decision-support systems in civil protection.

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

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
Національний університет «Запорізька політехніка»
Національний університет «Львівська політехніка»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та
науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»
Головне управління ДСНС України у Харківській області

**Всеукраїнська конференція
«Інтелектуальні технології цивільної безпеки та
робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт»
(ICSTRO-2026)**



**All-Ukrainian Conference
“Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for
Emergency and Rescue Operations”
(ICSTRO-2026)**

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Головий редактор:** **Ігор НЕВЛЮДОВ**, д.т.н., проф., зав кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки
- Заступник голови комітету конференцій:** **Тетяна СТИЦЕНКО**, к.т.н., доц., зав кафедри Безпекової інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Секретар конференцій:** **Владислав ЄВСЄЄВ**, д.т.н., проф., професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Олександр ФИЛИПЕНКО**, д.т.н., проф., декан факультету автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та систем Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна;
Сергій КОЛОСОВСЬКИЙ, заступник начальника Головного управління ДСНС України у Харківській області;
Сергій РАЧКОВ, завідувач курсів Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Харківської області;
Ірина ПЕТРОВА, д.ю.н., проф., головний науковий співробітник Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса», Міністерства юстиції України;
Віктор СЕЗОНОВ, к.ю.н., доц., завідувач відділом Харківського науково-дослідницького експертно-криміналістичного центру, Міністерства внутрішніх справ України;
Олександр ВИГЛЯД, викладач Навчально-методичного центру цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Харківської області;
Олександр МАМОНТОВ, к.т.н., доц. доцент кафедри безпекової інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки;
Олександр ЦИМБАЛ, д.т.н., проф., професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки;
Ганна ПРОНЮК, к.т.н., доц. доцент кафедри безпекової інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки
Леонід ІВАНОВ, к.т.н., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки
Віктор КОСЕНКО, д.т.н., проф., помічник директора з наукової роботи ДП «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості», м. Харків
Дмитро КУХАРЕНКО, к.т.н., доц., доцент кафедри Екології та біотехнологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
Наталія ФУРМАНОВА, к.т.н., доц., декан факультету інформаційної безпеки та електронних комунікацій, Національний університет "Запорізька політехніка"

Костянтин КОЛЕСНИК, к.т.н., доц., доцент кафедри Систем автоматизованого проектування, Національний університет «Львівська політехніка»;

Анатолій АНДРУСЕВИЧ, д.т.н., проф., начальник Криворізького коледжу «Київського авіаційного інституту»

ЗМІСТ

<i>Elgun Jabrayilzade</i>	
Intelligent Control of a Collaborative Robot	9
<i>Volodymyr Makovii, Maryna Muntian</i>	
Electronic Control Systems for Bionic Prostheses Based on Microcontroller Platforms	13
<i>I. Andriukhin, S. Sotnik</i>	
The Concept of a Digital Twin as a Virtual Copy of Physical Objects, Processes, and Systems	17
<i>В. А. Вовченко, І. О. Толкунов</i>	
Управлінське рішення як елемент підвищення якості робіт з гуманітарного розмінування територій, забруднених ВНП	22
<i>M. Vorobyov, S. Sotnik</i>	
Jamstack Architecture as a Synthesis of Serverless Back-End and Dynamic Front-End	25
<i>Marina Muntian</i>	
Hybrid Seismic and Ultrasonic System for Autonomous Detection and Classification of Moving Objects	30
<i>I. Dvoynikova, S. Sotnik</i>	
Analysis of the Effectiveness and Cybersecurity Risks of the Github Copilot Tool	34
<i>I. Dvoynikova, S. Sotnik</i>	
6G Networks – A Technological Foundation for Autonomous Systems and the Internet of Everything	39
<i>Vladyslav Yevsieiev, Ihor Holod</i>	
Using Historical Data in the NNARX Model to Improve the Accuracy of Microclimate Parameter Forecasting	44
<i>K. Mandrykov, S. Sotnik</i>	
Comparative Analysis of Industrial Data Transmission Protocols (IIOT) in Automation Systems	49
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
Digital Twin: A Virtual Copy of a Physical Object, Process, or System. Applications in Industry, Construction, and Cities	54
<i>R. Marunich, S. Sotnik</i>	
Security Analysis of Protocols for Integration With Access Control System	59
<i>Oleksandr Muntian</i>	
Comparative Analysis of Arduino, STM32 And ESP32 Platforms for Autonomous Sensor Systems	64
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
AI as a Developer Tool: Github Copilot and Other Artificial Intelligence Assistants	67
<i>A. Fesenko, S. Sotnik</i>	
Selection of Communication Interfaces for a Microclimate Monitoring System	72
<i>Г. В. Пронюк, Геселева Н.В.</i>	
Модельовання інформаційних процесів у системах цивільної безпеки на основі DFD ...	77
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
WEB3 and Decentralized Applications. A Practical Look at Blockchain Development	81

<i>A. Yakimenko, S. Sotnik</i>	
Robotics in Logistics – From Autonomous Trucks to Amazon's Picking Robots	86
<i>I. O. Толкунов, Є. О. Макаров</i>	
Обґрунтування можливості розмінування акваторій шляхом піднімання вибухонебезпечних предметів на поверхню	91
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
Low-Code/No-Code Web Platforms: Opportunities and Limitations	96
<i>Д. А. Янушкевич</i>	
Застосування принципів системи управління якістю концепції Quality 4.0 у сфері цивільної безпеки	101
<i>Інна Хондак</i>	
Екологічна безпека в сфері цивільного захисту	106
<i>Олександр Удовиченко</i>	
Моніторинг дій персоналу на автоматизованих виробничих лініях	111
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
Impact of 5G/6G Networks on the Development of IOT, Robotics, and Autonomous Systems. Low Latency and Mass Connection of Devices	114
<i>A. Fesenko, S. Sotnik</i>	
Comparative Analysis of Programming Languages for Developing System User Interfaces ...	119
<i>Красій Д. В.</i>	
Система керування автономних захисних споруд цивільного захисту	124
<i>Гурін Д.В., Грижак В.М</i>	
Розроблення прототипу зооморфного робота	127
<i>К.О. Левченко, Є.А. Разумов-Фризюк</i>	
Інтелектуальні методи підвищення безпеки при конвеєрному виробництві шляхом виявлення сторонніх предметів або людських частин	132
<i>Б.С. Місан, Д.О. Нікітін, І.Ш. Невлюдов</i>	
Розробка методу оцінки демпфувальних властивостей 3D-друкованих TPU-лайнерів для протезів	135
<i>Д. А. Янушкевич</i>	
Механізм PDSA та його застосування в системі управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій	139
<i>Vladyslav Yevsieiev</i>	
Intelligent Collaborative Control of Mobile Robots for Emergency and Rescue Operations Within the Industry 5.0 Paradigm	144
<i>Гурін Д.В., Мірошніченко Ю.М</i>	
Ідентифікація оператора в робочій зоні колаборативного робота	148
<i>Vladyslav Yevsieiev, Svetlana Starikova</i>	
Digital Twins of Collaborative Robotic Systems for Decision Support in Emergency Situations	153
<i>Теслюк С.І., Євсюкова О.О.</i>	
Оцінка та вибір архітектурного підходу при розробці системи автоматизації кіберфізичного виробництва	157
<i>Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska</i>	
Multi-Agent Collaborative Robots With Adaptive Sensor Fusion for Monitoring and Mitigation of Emergency Situations	162

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ РОЗМІНУВАННЯ АКВАТОРІЙ ШЛЯХОМ ПІДНІМАННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ НА ПОВЕРХНЮ

І. О. Толкунов, Є. О. Макаров

Національний університет цивільного захисту України

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

E-mail: tolkunov_igor@nuczu.edu.ua; makarov_yevhen@nuczu.edu.ua

Анотація: проаналізовано методи та технічні засоби підводного розмінування, які застосовуються для розмінування акваторій водоймищ шляхом підняття вибухонебезпечних предметів малого та середнього калібру на поверхню води, а також обґрунтовано доцільність та можливість застосування неодимових й електричних магнітів для проведення подібних операцій та розроблено рекомендації щодо використання цих технологій в сучасних умовах.

Ключові слова: підводне розмінування, неодимовий та електричний магніт.

SUBSTANTIATION OF THE POSSIBILITY OF DEMINING WATER AREA BY LIFTING EXPLOSIVE OBJECTS TO THE SURFACE

Ihor Tolkunov, Yevhen Makarov

National University of Civil Defense of Ukraine

Ukraine, 18034, Cherkasy, Onopriyenko St., 8

E-mail: tolkunov_igor@nuczu.edu.ua; makarov_yevhen@nuczu.edu.ua

Annotation: the methods and technical means of underwater demining used for demining water areas by raising small and medium-caliber explosive objects to the surface of the water were analyzed, and the feasibility and possibility of using neodymium and electric magnets for such operations were substantiated and recommendations for the use of these technologies in modern conditions were developed.

Keywords: underwater demining, neodymium and electric magnet.

Забруднення акваторій вибухонебезпечними предметами (ВНП) – серйозна загроза в сучасних умовах активного ведення бойових дій, яка залишиться такою і у післявоєнний період на багато років. За оцінками експертів, лише від обстрілів на території України могло залишитися до кількох мільйонів одиниць боєприпасів, значна частина яких може опинитися під водою. Виявлення та нейтралізація цих ВНП – пріоритет для гарантування безпеки населення та відновлення економічної діяльності (рибальства, судноплавства тощо). Проте стандартні методи розмінування на суходолі не завжди придатні під водою через іншу фізику середовища та обмежену видимість. Необхідне удосконалення існуючих технологій і розробка нових рішень, пристосованих до водного середовища.

Аналіз існуючих методів підняття ВНП на поверхню води. Існує кілька принципово різних підходів до підняття ВНП на поверхню води. Кожен з методів має свої фізичні основи, переваги, обмеження та ризики.

Одним із найбільш перспективних є *магнітний спосіб*, який передбачає використання потужних магнітів для «причеплення» ВНП, виготовленого із феромагнітних матеріалів, і його подальшого підйому. Застосовуються як постійні неодимові магніти, так і електромагніти спеціальної конструкції для підводних робіт.

Метод підйому за допомогою плавучих надувних балонів ґрунтується на силі виштовхування Архімеда. Ідея полягає в тому, що до затонулого боєприпасу під водою прикріплюють порожнистий балон (мішок із міцної тканини), після чого наповнюють його газом з балонів аквалангу або через шланг з компресора. Заповнений повітрям балон має позитивну плавучість і тягне прикріплений предмет вгору.

Стрімкий розвиток *підводної робототехніки* привів до появи компактних дистанційно керованих апаратів – ROV (Remotely Operated Vehicle), оснащених маніпуляторними пристроями. Ці апарати дозволяють виконувати захоплення та підйом предметів без присутності водолаза безпосередньо біля ВНП.

До *механічних методів* належать різноманітні гаки, кішки, захвати на тросах, які використовують водолази при відсутності складної техніки. Суть методу: опустити з поверхні на тросі металевий гак або захват, зачепити ним ВНП і підняти лебідкою.

Серед новітніх підходів, що знаходяться на етапі експериментів, варто згадати *вакуумні присоски та гідравлічні захвати*. Ідея полягає в тому, щоб закріпити на поверхні боєприпаса пристрій, який утримується силою тиску води або гідравлічним замком.

Струменеві методи не стільки піднімають об'єкт самі по собі, скільки допомагають звільнити його від ґрунту та підготувати до підйому іншими засобами. Суть полягає у використанні потужного потоку води або повітря для впливу на боєприпас.

Теоретичне обґрунтування можливості використання магнітного притягу та електромагнетизму для підняття вибухонебезпечних предметів на поверхню води.

Постійний магніт створює в просторі магнітне поле з індукцією B . Якщо поряд знаходиться феромагнітний об'єкт (сталевий корпус боєприпаса), у ньому наводяться магнітні моменти, і виникає сила взаємного притягання. Ідеальна формула для сили притягання складна (залежить від геометрії, магнітної проникності матеріалу, зазору), але виробники магнітів часто вказують максимальну силу утримання $F_{\max}$ в оптимальних умовах (звичайно – магніт притиснутий до товстої сталевій плити). Ця сила пропорційна добутку остаточної намагніченості магніту та площі контакту. Для неодимових магнітів класу N52 розміром 50×30 мм $F_{\max}$ може становити ~ 1000 Н (близько 100 кгс). В реальних умовах (через шар води чи фарби на боєприпасі) ефективна сила буде у кілька разів меншою.

Сила, яку може розвинути електромагніт, наприклад, у формі соленоїда, залежить від струму I в його обмотці та числа витків, а також від форми сердечника, яку можна оцінити:

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{N \cdot I}{L}, \quad (1)$$

де μ_r – відносна проникність сердечника (для заліза ~ 200 – 500); μ_0 – магнітна стала вакууму, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м; N – кількість витків; I – електричний струм в обмотці, А; L – довжина соленоїда, м; B – індукція магнітного поля, Тл.

Сила притягання двох полюсів до сталевих листа приблизно дорівнює:

$$F \approx \mu_r \frac{B^2}{2\mu_0} S, \quad (2)$$

де S – площа полюсу.

Цей вираз впливає з тиску магнітного поля:

$$\rho = \frac{B^2}{2\mu_0}. \quad (3)$$

Таким чином, збільшення B (за рахунок більшого I або кращого сердечника) та площі S поліпшує вантажопідйомність магніту. Однак B росте нелінійно через насичення заліза при певному значенні (порядку 1–2 Тл). Тому існує практична межа, після якої нарощування струму майже не збільшує силу.

Для розуміння дії електромагнітів застосовуються закони Максвелла. Наприклад, закон повного струму (Ампера):

$$\oint B \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}, \quad (4)$$

де $\oint$ – контурний інтеграл вздовж замкненого шляху; $\mathbf{B}$ – вектор індукції магнітного поля; $d\mathbf{l}$ – диференціальний елемент лінії контуру; I_{enc} – електричний струм, охоплений контуром інтегрування.

Судження, що циркуляція поля $\mathbf{B}$ навколо котушки пропорційна струму, а сила Лоренца $\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$ описує дію магнітного поля на рухомий заряд чи струм – актуальне, якщо у боєприпасі є струмопровідні елементи. З теоретичного боку, якщо міна має магнітний детонатор, то його чутливість описується мінімальним значенням B_{crit} (критичне значення індукції магнітного поля, при якому сердечник насичується (для заліза приблизно 1,5–2,0 Тл)) або зміни ΔB за час Δt , яке викличе підрив. Наприклад, деякі морські міни спрацьовують при досягненні певного порогу.

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0. \quad (5)$$

Тому при підведенні магніту до ВНП треба, щоб поле змінювалося якомога плавніше (повільне наближення). В ідеалі – попередньо необхідно розмагнітити об'єкт або магнітними імпульсами «загнати» детонатор в безпечний стан, при цьому слід враховувати, що деякі магнітні міни мають лічильники спрацювань.

Експериментальні дослідження магнітних підйомників. За результатами проведених досліджень, здійснено інтегральну оцінку методів за п'ятьма критеріями за 5-бальною шкалою (табл. 1).

Таблиця 1 – Інтегральна оцінка методів підйому ВНП для потреб ДСНС України

Метод	Ефек- тивність	Безпека	Доступ- ність / вартість	Опера- тивність	Універ- сальність	Середній бал
1. Балон + гідророзмив	5	4	5	5	3	4,5
2. ROV з маніпулятором	5	5	2	3	5	4,0
3. Магнітний підйомник	4	4	4	5	2	3,8
4. Захват на тросі (механічний)	3	2	5	4	1	3,0
5. Вакуумні присоски	2	3	1	1	5	2,4

Варіант виконання робіт із застосуванням надувних балонів (ліфтбегів) із гідророзмиванням – показав найкращий загальний результат. Надзвичайно оперативний, простий, дешевий, ефективний метод. ROV – високоточний і безпечний, але дорогий і повільніший у підготовці. Магнітні підйомники – зручні для «зачистки» дна, прості у застосуванні, але ефективні лише при тонкому прошарку між магнітом і металом, але не працюють з ВНП, у яких корпуса виготовлені із кольорових металів (алюмінієвими, мідь тощо) та у неметалевих корпусах. Механічні захвати на тросі – резервний варіант; дуже доступні, але потенційно небезпечні, вимагають великого досвіду. Інновації методи з використанням вакуумних присосок та гідравлічних захватів – поки що малореальні до впровадження через відсутність серійних зразків, але потенційно корисні в майбутньому.

Також розроблена порівняльна радарна діаграма (рис. 1), яка візуалізує оцінки п'яти методів підйому ВНП за ключовими критеріями (ефективність, безпека, доступність, оперативність, універсальність). Це дозволяє наочно побачити сильні й слабкі сторони кожного методу та полегшує прийняття рішень щодо їхнього застосування в умовах ДСНС.

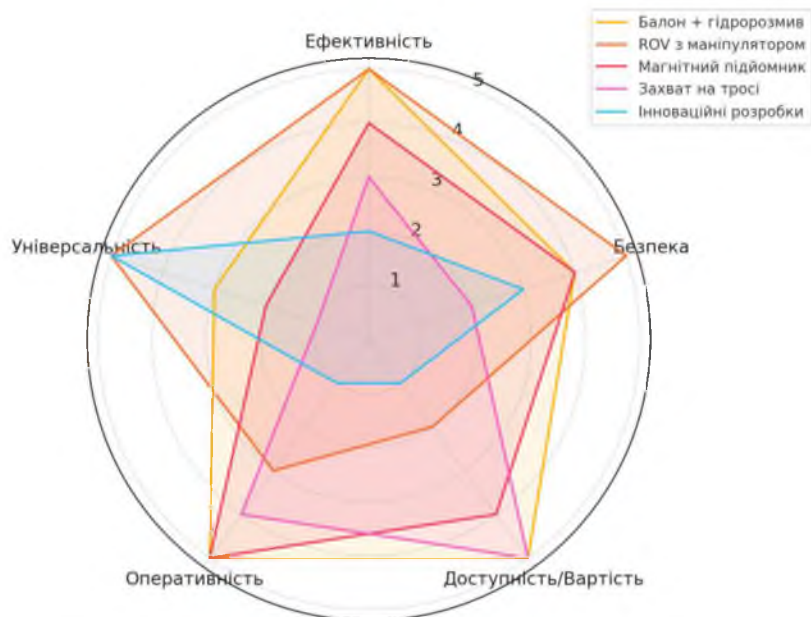


Рисунок 1 – Радарна діаграма для порівняння методів підйому ВВП на поверхню з дна водоймищ для потреб ДСНС України

Отже, проведений аналіз, теоретичні та експериментальні дослідження показали, що майбутнє за комбінованими та автоматизованими системами. Зокрема, йде інтеграція різних технологій: магнітометричні датчики на ROV для пошуку, роботизовані маніпулятори для захоплення об'єктів під водою, надувні балони (ліфтбеги) для їх підйому. Багато уваги приділяється безпеці: практично у кожному новому рішенні закладається можливість дистанційного керування або автоматики, щоб людину віддалити від небезпеки.

ВИСНОВКИ. Проведене дослідження способів підняття ВВП малого та середнього калібру на поверхню води дозволяє зробити такі основні висновки:

1. Забруднення водних об'єктів України ВВП війни є серйозною проблемою, що потребує впровадження спеціальних методів підводного розмінування. Сучасний стан нормативної бази ДСНС і міжнародні стандарти (IMAS) створюють підґрунтя для безпечного виконання таких робіт, але вимагають доповнення практичними рекомендаціями з урахуванням новітніх технологій.

2. Існує широкий спектр способів підйому ВВП – від простих тросових захватів до високотехнологічних роботизованих систем. Порівняння методів показало, що за критеріями безпеки, швидкості і універсальності лідирують дистанційні та плавучі методи. Традиційні ручні методи програють в більшості показників, окрім вартості. Для ДСНС оптимально поєднати: придбати відносно дешеві магніти і ліфтбеги для кожної групи, а більш дорогі ROV зосередити в спеціальних підрозділах, які залучати на найскладніші завдання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України №5403-VI від 02.10.2012.
2. International Mine Action Standard IMAS 09.60: Underwater Survey and Clearance of Explosive Ordnance, ed. 2016. URL: gichd.org.
3. SERDP-ESTCP Report «Shallow Underwater UXO Recovery» (2013). URL: <https://serdp-estcp.mil/projects/details/6b04c4c0-2896-4bdf-8f56-57b34cfeee0b> target="_blank">link serdp-estcp.mil.

4. WOKO Magnet GmbH – «Unterwasser Magnete». URL: woko.de.
5. Deep Trekker Inc. «Underwater Mines and ROVs» – Company Blog, 19.05.2025. URL: deeptrekker.comdeeptrekker.com



[електронне видання]

Відповідальний редактор: д.т.н., проф. Невлюдов І.Ш., д.т.н., проф. Євсєєв В.В.

Інтелектуальні технології цивільної безпеки та робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт 2026: матеріали I-ої Всеукраїнська конференція, Харків, 12-13 лютого 2026 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)]. -Харків: [електронний друк], 2026. – 192 с.

Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for Emergency and Rescue Operations 2026: Proceedings of I st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, February 12 - 13, 2026: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2026. - 192 p.