

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

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

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



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

**ICSTRO**

**2026**

**I All-Ukrainian Conference**

**September 17 - 18, 2026**

**Kharkiv**

## ЗМІСТ

*І. І. Хондак, Пронюк Г.В.*

Сталий розвиток як основа забезпечення екологічної безпеки та соціальної відповідальності у сфері цивільної безпеки ..... 8

*Vladyslav Yevsieiev*

Neuro-Fuzzy Method for Predicting and Assessing the Level of Technological Hazard in Cyber-Physical Civil Protection Systems ..... 11

*М.Ю. Білоусов, В.В. Невлюдова, М.Г. Стародубцев*

Цифровізація та роботизація в промисловому виробництві ..... 15

*Б. І. Кислий, С. В. Сотник*

Забезпечення стійкості кіберфізичних систем до DDOS-атак під час управління критичними об'єктами у надзвичайних ситуаціях ..... 19

*Гурін Д.В.*

Аналіз доцільності використання колаборативних роботів у виробництві компонентів відновлюваних джерел енергії ..... 24

*Vladyslav Yevsieiev, Kyrylo Luchaninov*

Intelligent Method for Dynamic Emergency Risk Assessment at Critical Infrastructure Facilities Based on Digital Twin ..... 29

*Д. В. Кухаренко, І. Д. Федосов-Ніконов*

Розробка та створення сучасного блока живлення на базі мікроконтролера ESP32-WROOM-32U ..... 33

*І.К. Сезонова*

Інтелектуальні технології в системі державної політики цивільної безпеки ..... 36

*Пронюк Г.В., Хондак І.І.*

Модель підтримки прийняття рішень для багатокритеріального вибору варіанта реагування на надзвичайні ситуації ..... 39

*Д. В. Лукієнко, С. В. Сотник*

Нейромережеве прогнозування техногенних ризиків на основі даних промислових кіберфізичних систем ..... 43

*Kyrylo Horovy*

Method for Predicting Pre-Failure States of Microelectronic Manufacturing Equipment Based on Digital Twin and Intelligent Analysis of Process Parameters ..... 47

*Самойленко Владислав*

Важливість динамічної стійкості в розробці гуманоїдних роботів ..... 52

*М. О. Іванов, С. В. Сотник*

Особливості застосування дронів у надзвичайних ситуаціях ..... 55

*Vladyslav Yevsieiev, Svetlana Starikova*

Intelligent System for Adaptive Management of the Educational Process in General Secondary Education Institutions Based on Artificial Intelligence Technologies ..... 60

*Б. І. Кислий, С. В. Сотник*

Автоматизовані системи виявлення аномалій у роботі технологічного обладнання на основі аналізу цифрових протоколів обміну (MODBUS, DNP3) ..... 64

*Гурін Д.В., Грижак В.М.*

Розроблення підсистеми автоматизованого доступу та обліку робочого часу ..... 69

*Д. В. Лукієнко, С. В. Сотник*

Методи криптографічного захисту телеметричних даних у розподілених системах  
моніторингу стану небезпечних об'єктів ..... 73

*Д. Р. Придятько, С. В. Сотник*

Порівняльний аналіз сучасних методів виявлення вибухонебезпечних предметів у  
сфері цивільної безпеки ..... 78

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

**Д. Р. Придятько, С. В. Сотник**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: dmytro.prydatko@nure.ua, svetlana.sotnik@nure.ua

**Анотація:** У роботі проведено систематизацію та порівняльний аналіз сучасних методів виявлення вибухонебезпечних предметів, що застосовуються у сфері гуманітарного розмінування та цивільної безпеки. Розглянуто механічні, електромагнітні, ядерно-фізичні, хімічні, магнітометричні та акустичні методи, визначено принципи їх дії, основні переваги та обмеження. Показано, що жоден із розглянутих методів не є універсальним, що обумовлює доцільність комбінування різних фізичних принципів детектування. Результати аналізу можуть бути використані для обґрунтованого вибору технічних засобів виявлення вибухонебезпечних предметів, а також розроблення багатосенсорних та інтелектуальних систем їх автоматизованого й дистанційного виявлення.

**Ключові слова:** вибухонебезпечні предмети, гуманітарне розмінування, методи виявлення, цивільна безпека, детектування.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR DETECTING EXPLOSIVE ITEMS IN CIVIL SECURITY

**D. R. Prydatko, S. V. Sotnik**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave., 14

E-mail: dmytro.prydatko@nure.ua, svetlana.sotnik@nure.ua

**Annotation:** The study provides a systematic and comparative analysis of modern methods for detecting explosive objects used in humanitarian demining and civil safety. It looks at mechanical, electromagnetic, nuclear-physical, chemical, magnetometric, and acoustic methods, outlining how they work, their main advantages, and limitations. It shows that none of the methods examined is universal, which makes it practical to combine different physical detection principles. The results of the analysis can be used to make informed choices about technical means for detecting explosive objects, as well as to develop multi-sensor and intelligent systems for their automated and remote detection.

**Key words:** explosive objects, humanitarian demining, detection methods, civil safety, detection.

Проблема виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів (ВНП) є однією з найбільш гострих у сфері цивільної безпеки та цивільного захисту населення, особливо в умовах сучасних збройних конфліктів та посттравматичного відновлення територій. Забруднення значних площ мінами, невибухлими боєприпасами та саморобними вибуховими пристроями створює постійну загрозу життю та здоров'ю цивільного населення, унеможливорює ведення сільськогосподарської діяльності, гальмує відбудову інфраструктури та економічний розвиток постраждалих регіонів [1, 2].

Розвиток технологій виявлення ВНП пройшов складний еволюційний шлях – від суто механічних і ручних методів розмінування до сучасних високотехнологічних комплексів, що поєднують електромагнітні, оптичні, ядерно-фізичні, хімічні, магнітометричні та акустичні принципи виявлення. Кожен із цих методів має власну фізичну основу, сферу застосування, переваги та обмеження, що зумовлює необхідність їх систематизації та порівняльного аналізу для обґрунтованого вибору оптимальних технічних рішень залежно від конкретних умов експлуатації.

Питання автоматизації технологічних та виробничих процесів у різних галузях набувають дедалі більшого значення, оскільки підвищення рівня автоматизації є загальною тенденцією розвитку сучасних технічних систем [3-6]. Зокрема, потенціал застосування технологій Індустрії 5.0 для інтелектуального управління системами цивільної безпеки в умовах надзвичайних ситуацій розкрито в роботі [7], що засвідчує актуальність поєднання інтелектуальних технологічних рішень із завданнями цивільного захисту населення.

Незважаючи на значну кількість існуючих методів та технічних засобів виявлення ВНП, жоден із них не є універсальним і не забезпечує стовідсоткової ефективності виявлення в усіх типах середовищ.

Актуальність теми визначається соціальною необхідністю захисту життя та здоров'я цивільного населення на забруднених ВНП територіях, економічною потребою у швидкому відновленні сільськогосподарських земель та інфраструктури постраждалих регіонів, а також технологічною доцільністю систематизації знань про сучасні технічні засоби виявлення на тлі активного розвитку безпілотних, роботизованих та комбінованих сенсорних систем. Таким чином, проведення порівняльного аналізу сучасних методів виявлення вибухонебезпечних предметів є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності заходів цивільної безпеки та прискоренню процесів гуманітарного розмінування.

Дослідження базується на систематизації та порівняльному аналізі сучасних методів виявлення ВНП, що застосовуються у практиці гуманітарного розмінування та забезпечення цивільної безпеки. Розглянуто фізичні принципи дії кожного методу (рис. 1), а також визначено їхні переваги та обмеження щодо практичного застосування.

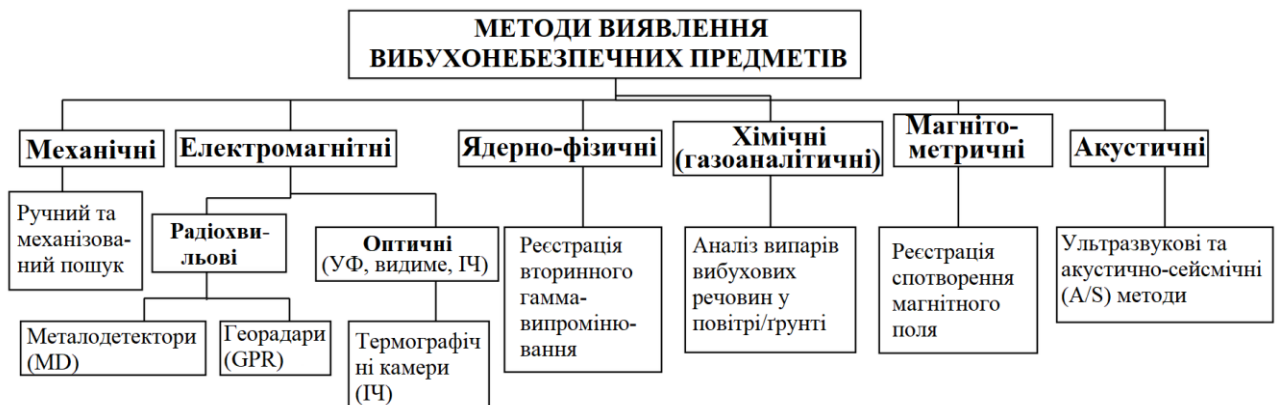


Рисунок 1 – Класифікація методів виявлення вибухонебезпечних предметів

**Механічні методи** передбачають ручний або механізований пошук і знешкодження ВНП із використанням спеціального обладнання та машин розмінування. Перевагами є можливість безпосереднього знешкодження об'єкта та дистанційного керування, а основними обмеженнями – залежність від рельєфу, рослинності й властивостей ґрунту та ризик спрацювання ВНП. **Електромагнітні методи** ґрунтуються на реєстрації взаємодії електромагнітного випромінювання з об'єктом і середовищем. До них належать радіохвильові та оптичні методи, що відрізняються робочим діапазоном і принципом формування та оброблення сигналу. **Радіохвильові методи** представлені переважно металодетекторами та георадарами (GPR). Металодетектори ефективні для металевих об'єктів, але мають низьку вибірковість і не забезпечують надійного виявлення малометалевих ВНП, тоді як GPR дає змогу досліджувати підповерхневу структуру та виявляти неоднорідності ґрунту. **Оптичні методи** охоплюють ультрафіолетовий, видимий та інфрачервоний діапазони. Для виявлення

ВНП використовуються системи формування зображень і термографічні камери, однак їх ефективність залежить від освітлення, погодних умов, рослинності та глибини залягання об'єкта. **Ядерно-фізичні методи** ґрунтуються на опроміненні об'єкта нейтронами та реєстрації вторинного гамма-випромінювання, пов'язаного з його елементним складом. Практичне застосування таких систем обмежується складністю обладнання, фоновим випромінюванням і вимогами радіаційної безпеки.

**Хімічні (газоаналітичні) методи** передбачають виявлення парів вибухових речовин або їх характерних компонентів у повітрі та ґрунті. Метод придатний для виявлення малометалевих ВНП, але його ефективність залежить від властивостей ґрунту, температури, вологості та інших факторів навколишнього середовища. **Магнітометричний метод** ґрунтується на реєстрації локальних аномалій магнітного поля, спричинених феромагнітними матеріалами. Метод забезпечує виявлення металевих об'єктів, проте непридатний для немагнітних і діелектричних ВНП та має низьку селективність. **Акустичні методи.** Використовують акустичні та сейсмічні відгуки ґрунту й похованих об'єктів. Їх ефективність залежить від глибини залягання, властивостей ґрунту та рівня зовнішніх перешкод.

Отже, кожен із розглянутих методів має певні обмеження, зумовлені фізичним принципом роботи та умовами застосування. Тому перспективним напрямом є створення комбінованих систем, що поєднують різні фізичні принципи детектування. Узагальнені результати порівняння методів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння методів виявлення вибухонебезпечних предметів

| Метод           | Принцип дії                                                                       | Основні переваги                                                                                                | Основні недоліки                                                                                                                      |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | 2                                                                                 | 3                                                                                                               | 4                                                                                                                                     |
| Механічний      | Безпосередній пошук і знешкодження ВНП людиною або механізованими засобами        | Можливість безпосереднього знешкодження; висока продуктивність механізованих систем; дистанційне керування      | Залежність від рельєфу, рослинності та властивостей ґрунту; ризик спрацювання ВНП                                                     |
| Радіохвильовий  | Реєстрація взаємодії радіохвиль з об'єктами та неоднорідностями середовища        | Виявлення підповерхневих об'єктів; можливість застосування металодетекторів і GPR                               | Обмежена ефективність металодетекторів для малометалевих ВНП; хибні спрацювання від металевих предметів та неоднорідностей середовища |
| Оптичний        | Реєстрація відбитого або теплового випромінювання в УФ, видимому та ІЧ діапазонах | Дистанційне обстеження; можливість використання БПЛА; пасивність ІЧ-методу                                      | Залежність від освітлення, погодних умов, рослинності, властивостей ґрунту та глибини залягання                                       |
| Ядерно-фізичний | Опромінення об'єкта нейтронами та реєстрація вторинного гамма-випромінювання      | Отримання інформації про елементний склад об'єкта; можливість виявлення характерних елементів вибухових речовин | Складність обладнання; вплив фонового випромінювання; вимоги радіаційної безпеки                                                      |

Продовження таблиці 1

| 1                             | 2                                                                          | 3                                                                                                                  | 4                                                                                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Хімічний<br>(газоаналітичний) | Виявлення парів вибухових речовин або їх характерних компонентів           | Виявлення малометалевих ВНП; висока чутливість сучасних сенсорів                                                   | Залежність від температури, вологості, властивостей ґрунту та інших факторів середовища            |
| Магнітометричний              | Реєстрація локальних аномалій магнітного поля від феромагнітних матеріалів | Значна глибина виявлення металевих об'єктів; можливість швидкого пошуку                                            | Не виявляє ВНП без достатньої магнітної сигнатури; низька селективність до типу металевих об'єктів |
| Акустичний                    | Аналіз акустичних і сейсмічних відгуків ґрунту та похованих об'єктів       | Можливість виявлення малометалевих об'єктів; можливість дистанційного виявлення та отримання інформації про об'єкт | Залежність від глибини, властивостей ґрунту та зовнішніх акустичних перешкод                       |

Як видно з табл. 1, кожен із розглянутих методів має певні обмеження, зумовлені фізичним принципом його роботи та умовами застосування. Це обумовлює доцільність поєднання різних методів виявлення для підвищення надійності виявлення ВНП та зменшення кількості хибних спрацьовувань. **ВИСНОВКИ.** У результаті дослідження систематизовано та проаналізовано основні методи виявлення вибухонебезпечних предметів: механічні, електромагнітні, ядерно-фізичні, хімічні, магнітометричні та акустичні. Визначено їх принципи дії, основні переваги та обмеження. Порівняльний аналіз показав, що жоден із методів не є універсальним, а ефективність виявлення залежить від властивостей ґрунту, глибини залягання, умов навколишнього середовища та характеристик ВНП. Це обумовлює доцільність як удосконалення окремих методів, так і комбінування різних фізичних принципів детектування. Поєднання взаємодоповнювальних методів, зокрема GPR і металодетекторів, може підвищити надійність виявлення та зменшити кількість хибних спрацьовувань. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтованого вибору засобів виявлення ВНП та подальшої розробки інтелектуальних багатосенсорних систем автоматизованого й дистанційного розмінування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Fedorenko, G., & et al. (2022). Аналіз методів і розроблення концепції гарантованого виявлення та розпізнавання вибухонебезпечних предметів. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 4 (22), pp. 20-31
2. Карпов, А. А. (2022). Аналіз існуючих технічних способів виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів. *Державна служба України з надзвичайних ситуацій національний університет цивільного захисту України*, 269
3. Sotnik, S. (2026). Development of a CRM System with a Decision Support Module for Engineering Component Selection. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 2026, vol. 25, pp. 99-120, <https://doi.org/10.37394/23201.2026.25.9>
4. Nestorenko, D. O., & et al. (2026). Analysis of modern IoT solutions for automation of urban parking spaces. *Modern science: trends, challenges, solutions. Proceedings of the 8th International*

scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom, 2026, pp. 94-103

5.Vorobyov, M., & et al. (2026). Computer vision in practice: from automated quality control in manufacturing to AR applications. Computer-integrated technologies, automation and robotics 2026: Proceedings of III st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, May 14-15, 2026: Theses of Reports, pp. 25-29

6.Cherednichenko, T., & et al. (2025). Features of automatic working time control systems. Manufacturing & Mechatronic Systems 2025: Proceedings of IX st International Conference, Kharkiv, October 25-26, 2025: Theses of Reports,2025, pp. 54-57

7.Nevliudov, I., & et al. (2026). Implementing Industry 5.0 technologies in civil safety emergency systems for intelligent management. Scientific Forum: Theory and Practice of Research: Collection of Scientific Papers «SCIENTIA» with Proceedings of the XII International Scientific and Theoretical Conference, July 17, 2026. San Francisco, USA: International Center of Scientific Resea, 2026, pp. 337-339