

- [3] Koshlan A. Conceptual model of a specialized geoinformation system. // Advanced Information Systems. 2018. Vol 2, No 3 (2018), pp. 36–40. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.06>
- [4] A. D. Ashkezari, N. Hosseinzadeh, A. C. M. Albadi. Development of an enterprise Geographic Information System (GIS) integrated with smart grid. Sustainable Energy, Grids and Networks. 2018. Vol. 14. pp. 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2018.02.001>.

УДК 621.9.04-868

**РОБОТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У  
ГУМАНІТАРНОМУ РОЗМІНУВАННІ**

*Янушкевич Д. А., Кирпота Ф. В.*

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків*

Стратегія воєнної безпеки України, яка затверджена Указом Президента від 25.03.2021 р. № 121/2021, передбачає розроблення, виробництво та оснащення Збройних Сил України та інших військових формувань сучасним озброєнням, військовою та спеціальною технікою, у тому числі роботизованими системами.

Згідно даних організації з гуманітарного розмінування HALO Trust, на сході України виявлено 297 мінних полів загальною площею понад 26 мільйонів м<sup>2</sup>, де знаходиться близько 3,3 мільйона мін та вибухонебезпечних предметів (ВНП). На розмінування цих територій України знадобиться не менше 25-30 років. Роботи по створенню роботизованих систем та комплексів (РТС) військового (подвійного) призначення, включаючи роботизовані системи для проведення гуманітарного розмінування ведуться в Україні і за кордоном [1].

Вибухонебезпечні предмети – вибухові матеріали, боєприпаси, що містять вибухові речовини, а також біологічні та хімічні речовини: бомби і

боєголовки; керовані і балістичні ракети; артилерійські, мінометні, ракетні боеприпаси і боеприпаси до стрілецької зброї; усі міни, торпеди і глибинні бомби; піротехнічні вироби; касетні бомби і касети; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої тощо.

Гуманітарне розмінування – комплекс заходів, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із ВНП, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, складення карт, виявлення, знешкодження та/або знищення ВНП, маркування, підготовку документації після розмінування, надання громадам інформації щодо протимінної діяльності та передачу очищеної території [1].

В Україні та світі проведено ряд досліджень статичних характеристик, розроблені дослідні зразки робототехнічних систем (РТС), мобільних роботів та проведена їх апробація [2]. Застосування РТС обумовлюється намаганням усіх країн світу до збереження життя людей, як в бойових умовах (в контексті якого використання РТС дозволяє досягти позитивні результати), а також в процесі гуманітарного розмінування територій, на яких знаходяться вибухонебезпечні предмети (ВНП). В Україні та світі виконано значний обсяг досліджень теоретичного та експериментального характеру, які стосуються розробки РТС для проведення гуманітарного розмінування. Більшість країн світу, активно розробляють РТС, які здатні з високим ступенем автономності здійснювати пошук та ідентифікацію ВНП без участі людини. У зв'язку з цим, актуальним є аналіз сучасного стану та перспектив розвитку РТС, призначених для пошуку та ідентифікації ВНП без участі людини. Так, у Збройних силах США планується, що до 2030 р частка РТС складе 30 % від загального складу бойових машин. За оцінками американських військових фахівців, бойові можливості підрозділів оснащеними РТС зростуть в 2–2,5 рази. Пошук та ідентифікація ВНП – головні завдання в проблемі гуманітарного розмінування.

Виявлення ВНП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками. Демаскуючі ознаки ВНП зумовлені низкою чинників. До них можна віднести [3]:

- наявність вибухової речовини;
- наявність локально розташованої маси металу (навіть в так званих «неметалічних» югославських мінах є до 0,1 г алюмінію та металева пружина для спрацювання детонатора);
- характерна форма мін та ВНП;
- неоднорідності середовища, де розміщений ВНП (порушення поверхні ґрунту, дорожнього покриття, стіни будівлі, порушення кольору рослинності або снігового покриву тощо).

ВНП можуть бути виявлені за рахунок трьох факторів: наявності зосередженої маси вибухової речовини; характерна конструкція (форма, матеріал корпусу тощо); порушення однорідності навколишнього фону (кольору рослинності, щільності ґрунту тощо).

Виявлення ВНП здійснюється за двома напрямками:

- пошук окремих мін (характерні відстані тут від декількох сантиметрів до декількох метрів);
- розвідка мінних полів (характерні дальності від десятків метрів до декількох кілометрів).

Сучасний стан методів виявлення ВНП характеризується різноманіттям. Їх аналіз показує, що кожен з них має певні обмеження. Звичайно, при цьому необхідно враховувати як апіорну інформацію про об'єкт пошуку (розміри, матеріали тощо), так і властивості оточуючого середовища [3]. Сучасні методи та детектори, що реалізують цей метод, виявлення мін і вибухових пристроїв наведені у табл. 1.

В даний час найбільше застосування знайшли такі методи: електромагнітні (індукційний, радіохвильовий, магнітометричний, нелінійний), ядерно-фізичні, теплофізичний і механічний (механічного

зондування). Саме вони дозволяють створити технічні засоби пошуку ВНП, які можуть бути придатними для гуманітарного розмінування.

Таблиця 1 – Сучасні методи та детектори виявлення ВНП

| Метод            | Детектори та обладнання                                                                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Електромагнітний | Металошукач (MD)                                                                                                     |
|                  | Радіолокатор (GPR)                                                                                                   |
|                  | Електричний імпедансний томограф (EIT)                                                                               |
|                  | Радіометр на міліметрових хвилях (MMWR)                                                                              |
|                  | Мікрохвильовий радіометр (MWR)                                                                                       |
|                  | Інфрачервоний спектроскоп (IR)                                                                                       |
| Оптичний метод   | Лідар - детектор отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем (LIDAR) |
| Ядерно-фізичний  | Детектори нейтронного випромінювання                                                                                 |
|                  | Ядерний квадрупольний резонанс (NQR)                                                                                 |
| Акустичний       | Детектори акустичних та сейсмічних хвиль (A/S)                                                                       |
|                  | Детектори звукових та ультразвукових хвиль                                                                           |
| Механічний       | Інженерні машини для виявлення та підризу мін і вибухових пристроїв                                                  |
|                  | Щупи                                                                                                                 |
| Газоаналітичний  | Газоаналізатори та детектори парів вибухових речовин                                                                 |
| Теплофізичний    | Тепловізори                                                                                                          |

Проблеми, які виникають при застосування цих методів – це питання безпеки і зниження витрат на розмінування. Інші вимоги: кліматичні, ефективності роботи в темний час доби, стійкість до механічних впливів, електромагнітна сумісність тощо. В ідеальному варіанті бажано виявляти ВНП на безпечній відстані (70 - 100 метрів від людей), а розвідку мінних полів бажано вести у будь-який час доби і у будь-яких метеорологічних умовах. Також до актуальних завдань відноситься ідентифікація ВНП на тлі численних перешкод від неоднорідностей навколишнього середовища і різних посторонніх предметів (гільзи та осколки від снарядів, зброї, металобрухт тощо). Складові системи гуманітарного розмінування із застосуванням роботизованих систем наведені на рис. 1.

Тому, пошук та ідентифікація ВНП для гуманітарного розмінування з метою зменшення ризиків з питань безпеки людей, які його здійснюють, є комплексним завданням та вимагають застосування роботизованих систем

для його проведення. Роботизовані системи для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними детекторами (сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВМП.

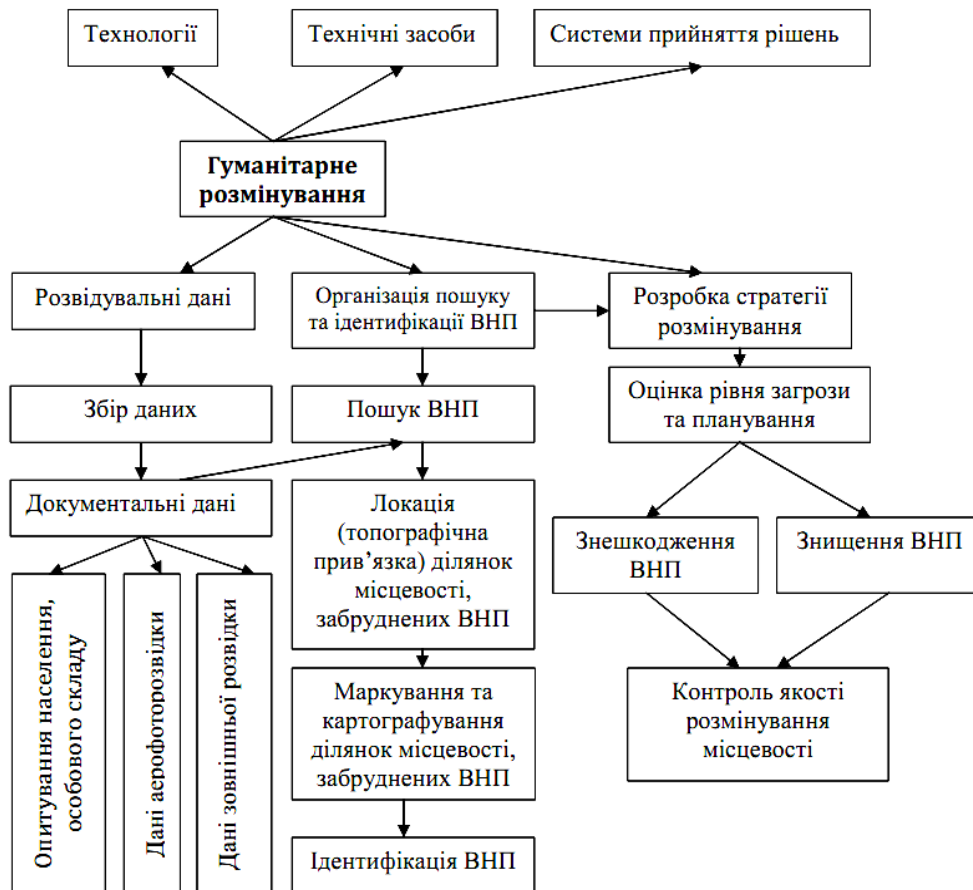


Рисунок 1 – Складові системи гуманітарного розмінування

Таким чином, пошук та ідентифікація ВМП для гуманітарного розмінування з метою зменшення ризиків з питань безпеки людей, які його здійснюють, вимагають застосування роботизованих систем у відповідності з вимогами міжнародних стандартів [3]. При цьому, роботизовані системи для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними детекторами (сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВМП.

**Література:**

- [1] Янушкевич Д. Роботизовані засоби спеціального призначення: аналіз міжнародних нормативних документів / Д. Янушкевич, Л. Іванов // Виробництво & Мехатронні Системи 2021 // Матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21–22 жовтня 2021 р. – Харків: ХНУРЕ, [електронний друк]. – 2021. – С. 176–179.
- [2] Струтинський В. Б. Розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами / В. Б. Струтинський, О. Я. Юрчишин, О. М. Кравець // Матеріали ХХІІ міжнародної НТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – С. 129–131.
- [3] Щербаков Г. Н. Методы обнаружения мин – применительно к проблеме гуманитарного разминирования актуальность проблемы [Електронний ресурс] / Г. Н. Щербаков // БНТИ. Техника для спецслужб. Г <https://bit.ly/3cnP5w2>.

УДК 006.06

**РОЗВИТОК СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ НА  
БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ INDUSTRY 4.0**

*Янушкевич Д. А., Іванов Л. С.*

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків*

Одним із перспективних напрямів розвитку управління якістю продукції є розвиток систем управління якістю на базі концепції Industry 4.0.

Четверта промислова революція (*The Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0*) – поняття, що означає розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину