

## ШЛЯХИ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ У СФЕРІ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

**А.А. Межанов**

Харківський національний університетрадіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: [anton.mezhanov@nure.ua](mailto:anton.mezhanov@nure.ua)

**Анотація.** У статті проведений аналіз шляхів досягнення цілей сталого розвитку у сфері гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних комплексів. Розв'язання цієї проблеми потребує креативності, комплексного підходу та інтелектуальних систем управління. Це дозволяє розробити моделі управління робототехнічним комплексом як на рівні прийняття рішень, так і на виконавчому рівні.

**Ключові слова:** сталий розвиток, робототехнічний комплекс, гуманітарне розмінування, управління, система.

### WAYS TO ACHIEVE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN THE SPHERE OF HUMANITARIAN EXCHANGE USING ROBOTIC COMPLEXES

**A. Mezhanov**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: [anton.mezhanov@nure.ua](mailto:anton.mezhanov@nure.ua)

**Annotation:** The article analyzes the ways to achieve sustainable development goals in the field of humanitarian demining using robotic complexes. Solving this problem requires creativity, an integrated approach and intelligent control systems. This allows developing models for controlling the robotic complex both at the decision-making level and at the executive level.

**Key words:** sustainable development, robotics complex, humanitarian demining, management, system.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** У вересні 2015 року в рамках 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку відбувся Саміт ООН зі сталого розвитку. Підсумковим документом Саміту було розроблення 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР). Сталий розвиток пов'язується з гармонічним досягненням наступних цілей:

- високої якості навколишнього середовища і здорової економіки для всіх народів світу;
- задоволенні потреб людей і збереженні сталого розвитку протягом тривалого періоду.

Урядом України розпорядженням від 29 листопада 2024 р. № 1190 затверджено розпорядження «Деякі питання забезпечення досягнення Цілей сталого розвитку в Україні», яким встановлено національні завдання, індикатори їх досягнення, цільові значення до 2030 року. Зокрема, були визначені в умовах воєнного стану, завдання щодо відбудови та відновлення пошкоджень наслідків збройної агресії Російської Федерації, гуманітарного розмінування замінованих територій, екологічної кризи тощо.

Унаслідок російського вторгнення Україна стала однією з найзамінованіших країн у світі. За оцінками Організації Об'єднаних Націй, було встановлено, наприклад, що за роки війни, близько 30 % території України забруднено вибухонебезпечними предметами (міни, снаряди, авіабомби тощо), що не розірвалися. На розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП) піде до 100 років. Уряд України ставить за мету, щоб

за десять років 80 % цих територій були обстежені на наявність вибухонебезпечних предметів ВВП та щоб ці території були безпечними для життєдіяльності мирного населення та військових і необхідна базуватись на креативності підходу до системи гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних комплексів (РТК).

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

Гуманітарне розмінування спрямоване на зменшення шкідливого фактору дії ВВП на життєдіяльність людей. Мета розмінування полягає в тому, щоб знизити мінну небезпеку до рівня, при якому люди можуть жити безпечно; при якому економічний, соціальний і фізіологічний розвиток може здійснюватися безперешкодно, не наражаючись впливу обмежень, що викликаються впливом забруднення території України ВВП. Гуманітарне розмінування, на відміну від військового, передбачає комплексний огляд усієї території, де тривали бойові дії, визначення небезпечних районів, виявлення забруднених вибухонебезпечними предметами ділянок та їх очищення, після чого місцевість стає повністю придатною для використання [2].

Існує три види розмінування: оперативне, військове та гуманітарне.

Оперативне розмінування виконується в разі невідкладної необхідності працівниками Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС), саперами поліції та фахівцями Держспецслужби транспорту (ДССТ).

Військове розмінування – це процес, який виконують солдати для розчищення шляху, щоб військові могли просуватися під час конфлікту. У цьому випадку міни знешкоджуються лише в тому випадку, якщо вони блокують стратегічні шляхи, необхідні для просування або відступу солдатів на війні.

Головною метою гуманітарного розмінування є планове очищення землі, щоб цивільні особи могли повернутися до своїх домівок і виконувати свої повсякденні справи без загрози для життя і здоров'я. Задача гуманітарного розмінування – відновлення миру та безпеки на рівні громади.

Пошук та ідентифікація ВВП для гуманітарного розмінування з метою зменшення ризиків з питань безпеки людей, які його здійснюють, є комплексним завданням та вимагають застосування РТК для його проведення. РТК 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 ВВП [1].

ВВП можна виявляти за рахунок трьох факторів:

- наявність зосередженої маси вибухової речовини;
- характерна конструкція мін та ВВП (форм, матеріал корпусу, колір тощо);
- порушення однорідності навколишнього фону (кольору рослинності, щільності ґрунту тощо).

Основні цілі та мета гуманітарного розмінування може бути досягнута та повинна базуватись на креативному підході. Креативний підхід передбачає застосування новітніх засобів, зокрема безпілотних літальних апаратів, наземних робототехнічних комплексів та систем, систем зі штучним інтелектом, які можуть без втручання людини визначати наявність небезпеки шляхом дослідження результатів обстеження території БПЛА та управлінням якістю розмінування.

Система управління якістю розмінування складається з двох частин:

– це гарантія якості, тобто впевненість у тому, що оператор, який заявив свою спроможність розмінувати, дійсно на це спроможний;

– контроль якості.

Пріоритетними для розмінування є об'єкти електро-, водо-, газо-, теплопостачання, критичної й транспортної інфраструктури, сільськогосподарські землі тощо.

Перший етап гуманітарного розмінування розпочинається з оцифрування супутникових даних на предмет кратерів, окопів, траншей, аномалій та інших неоднорідностей по всій території України.

Другий рівень даних – це візуальна інспекція за допомогою БПЛА, який виявляє ВНП на землі.

Третій рівень даних – це вибухонебезпечні предмети під землею. Їх шукають з допомогою магнітометрів, термокамер, мультиспекторальних камер, хімічних сенсорів і металошукачів.

Незважаючи на значну кількість наукових робіт із даної тематики, на сьогодні склалася тенденція розмежування зазначених питань.

Роботи по створенню РТК у сфері гуманітарного розмінування ведуться в Україні і за кордоном [1]. В Україні та світі виконано значний обсяг досліджень теоретичного та експериментального характеру, які стосуються розробки мобільних роботів. Найвні окремі дослідження статичних характеристик, розроблені дослідні зразки РТК у сфері гуманітарного розмінування та проведена їх апробація [1, 2].

Тому проблема розроблення креативного підходу до застосування робототехнічних комплексів у сфері гуманітарного розмінування є актуальним завданням.

Еволюція розвитку РТК показує, наскільки швидким є розвиток даної галузі. Від появи першого робота, який міг виконувати самі прості операції, до масового виробництва робототехнічних комплексів пройшло не більше 70 років. Як показує статистика, зростання в індустрії робототехніки продовжує бути вибуховим. Сьогодні існує величезна різноманітність роботів, які застосовуються у гуманітарного розмінування.

Основні етапи процесу гуманітарного розмінування можна розділити на етапи, які наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Етапи процесу гуманітарного розмінування

Номер етапу	Зміст етапу
1-й етап	Нетехнічне обстеження
2-й етап	Технічне обстеження
3-й етап	Розмінування території, забруднених ВНП та очищення районів ведення бойових дій
4-й етап	Утилізація (знищення, знешкодження) ВНП
5-й етап	Контроль якості розмінування та передача територій, забруднених ВНП їх користувачам

Нетехнічне обстеження (НТО) передбачає збір, аналіз та оцінювання інформації стосовно території для подальшої її класифікації за статусом небезпеки, без використання технічних засобів пошуку ВНП.

Технічне обстеження включає збір та аналіз даних про наявність, тип, розподіл та навколишні умови знаходження мін та вибухонебезпечних предметів із застосуванням технічних засобів, щоб точніше визначити місце, де присутні міни та вибухонебезпечні боєприпаси, а де їх немає, для сприяння пріоритизації вивільнення земель та забезпечення прийняття рішень шляхом надання фактів [2].

Розмінування полягає у здійсненні операцій виявлення, видалення або знищення мін та вибухонебезпечних боєприпасів, а для операцій з розмінування може також бути потрібне забезпечення доступу, діагностування, приведення в безпечний стан, остаточна утилізація та (у разі потреби) захисні роботи.

Очищення районів ведення бойових дій передбачає виявлення та знешкодження в певних районах, на яких велися бойові дії і які можуть включати оборонні позиції та місця, де були випущені або скинуті авіаційні або артилерійські боєприпаси, включаючи касетні боєприпаси.

Утилізація, знешкодження (знищення) мін та вибухонебезпечних предметів включає всі аспекти виявлення та знешкодження боєприпасів, що не розірвалися, шляхом проведення операцій з розмінування. Виконання операції зі знешкодження та знищення ВВП варіюється від відносно простих методик знешкодження та відкритого підриву до дуже складних промислових процесів із залученням відповідних фахівців.

Контроль якості розмінування – елемент процесу управління якістю розмінування, який забезпечує повне дотримання вимог щодо ліквідації небезпек, пов'язаних з ВВП, а також контроль за дотриманням вимог щодо якості розмінування.

На теперішній час для гуманітарного розмінування передові країни світу розробляють та використовують сучасні мобільні РТК.

Основна увага приділяється створенню РТК збільшеної автономності. Через специфіку завдань, що підлягають вирішенню, мобільні РТК удосконалюються для забезпечення можливості діяти в реальній обстановці за умови часткової або повної відсутності вихідної інформації про середовище функціонування. Основною тенденцією здійснення цих проєктів є дооснащення комплексів, що знаходяться на озброєнні, цифровими і аналоговими візуальними системами, засобами автоматизації управління, каналами зв'язку (радіо і оптоволоконними) та засобами управління рухом, заснованими на модульному принципі [6]. Відсутність особового складу в зоні ураження і застосування РТК значно підвищують морально-психологічний стан військовослужбовців і забезпечують ефективність виконання бойових завдань, істотно знижуючи до того ж бойові втрати.

Водночас, одним з актуальних у світі напрямів розроблення РТК, у зв'язку з розвитком різноманітних безпілотних літальних апаратів (БПЛА), стала активізація ідеї щодо застосування БПЛА для ведення розвідки та картографування територій, забруднених ВВП, пошук, ідентифікація мін та ВВП, а також їх дистанційне знищення. БПЛА здатні піднімати апаратуру вагою понад 50 кг, зависати над об'єктами, літати автономно за закладеною у ньому програмі тощо. БПЛА здатні також виконувати завдання з дистанційного знищення мін та ВВП.

Крім того, під час ведення бойових дій і контртерористичних операцій, виникає необхідність провести приховану інженерну розвідку місцевості, маршруту руху на наявність установлених або відсутності мін, вибухових пристроїв, легкий або тактичний БПЛА вертолітного чи літакового типу, оснащений модульною малогабаритною розвідувальною апаратурою з високою розрізною здатністю, багатозональною телевізійною, тепловізійною, нелінійною радіолокацією, у поєднанні з автоматизованою системою топоприв'язки на основі ГЛОНАСС (GPS) і цифровою обробкою інформації, що дасть змогу на відстані до десятків кілометрів виявляти і визначати координати мінних полів і місць установки мін та ВВП.

До найбільш розповсюджених РТК, які застосовуються у сфері гуманітарного розмінування, відносяться також військові роботи серії SuperDroid Robots.

Основне цільове призначення роботів серії SuperDroid Robots – оперативна розвідка, спостереження, пошук, виявлення, ідентифікація, вилучення, переміщення, знешкодження, утилізація ВВП, очищення приміщень та територій, забруднених ВВП, здійснення гуманітарного розмінування та виконання інших завдань, які вирішуються на тактичному

рівня бойового управління. Ці роботи дають змогу зменшити людські втрати під час виконання задач з гуманітарного розмінування, проведенні контртерористичних операцій, оперативної розвідки тощо.

Дистанційний блок керування роботом (блок управління оператора – OCU) здійснюється за допомогою цифрових радіосистем, які забезпечують зашифроване дистанційне керування. Для оперативного управління роботів серії SuperDroid Robots застосовуються 3 види дистанційного керування:

- стандартний пульт дистанційного керування. Цей пульт міститься у футлярі, має вбудовані промислові джойстики та 12-дюймовий дисплей;

- обробка відео з чотирьох розділених екранів, яка доступна як опція. Також доступна розширена кінематична модель робота та маніпулятора, що відображається на РК-дисплеї OCU, забезпечуючи точний зворотний зв'язок щодо положення маніпулятора та виявлення перешкод та ВНП;

- ретранслятори та вторинні станції дистанційного моніторингу, які доступні для всіх цифрових систем керування роботом. На рис. 1 наведено загальний вигляд робота SuperDroid Robots та пульт дистанційного керування до нього.



Рисунок 1 – Загальний вигляд робота SuperDroid Robots та пульт дистанційного керування

Більшість цих елементів керування є стандартними для роботів серії SuperDroid Robots. Але для забезпечення ефективності в складних умовах застосовуються спеціальні методи та пакети оперативного управління.

Бездротове керування та відеоспостереження складні, і на них можуть впливати кілька факторів. Це включає наявність перешкод, стін, електричних перешкод, рельєф та ландшафт місцевості, інші радіочастотні перешкоди тощо.

Найпростіший тип бездротового керування – аналогові RC системи радіочастотного діапазону. Вони, як правило, дешевші та досить стійкі до проблем прямої видимості: наявність стін, дерев, пагорбів тощо.

Недоліком використання аналогової системи є лише односторонній зв'язок обмежена дальність передачі даних та несумісність з ретрансляторами (мережами) системи mesh.

Цифрові системи дистанційного управління доступні в Wi-Fi, Digital і High Bandwidth Smart Radio.

Wi-Fi базовий тип передачі даних та здійснення оперативного управління. Система управління на платформі Wi-Fi сумісна з усіма доступними опціями дистанційного керування. Система Wi-Fi найкраще працює в місцях з мінімальними перешкодами між OCU та роботом. Дальність дії – до 100 м.

Digital Radio System (цифрова радіосистема), яка забезпечує підтримувати стабільний мережевий зв'язок на великих відстанях. Типовий діапазон дії від 300 м до 800 м.

High Bandwidth Smart Radio – система радіозв'язку з високою смугою пропускання, яка поєднує діапазон цифрового радіо з можливістю передачі чіткого HD-відео. Оптимізовані канали забезпечують відмінне керування, передачу аудіо та відео інформації. Інтелектуальне

мікропрограмне забезпечення встановлює пріоритети для керування, забезпечуючи безперебійну роботу роботів. Типовий діапазон дії від 300 м до 800 м.

Для оперативного управління роботів серії SuperDroid Robots можуть застосовуватись також дротові варіанти (оптоволоконний кабель, «вита пара»), де застосування радіочастотного діапазону неможливе.

Одним із шляхів удосконалення систем оперативного управління РТК є рівень «інтелектуальності», що робить розробку РТК дуже важливою темою. Інтелектуальний РТК – це робот, що включає інтелектуальну систему управління (ІСУ) [3]. ІСУ означає комп'ютерну систему для вирішення завдань, які людина не може вирішити в режимі реального часу, або їхнє рішення вимагає автоматизованої підтримки або дає результати, які можна порівняти з рішеннями людини. При цьому, серед іншого, мається на увазі, що для розв'язуваних завдань ІСУ не передбачає повноти знань, а сама ІСУ повинна мати можливість упорядковувати дані та експертизу з виділенням суттєвих параметрів, пристосовуватися до змін набору фактів і знань, тощо. Концептуальна модель ІСУ робототехнічними комплексами гуманітарного розмінування на основі вербальних методів наведена на рис. 2.

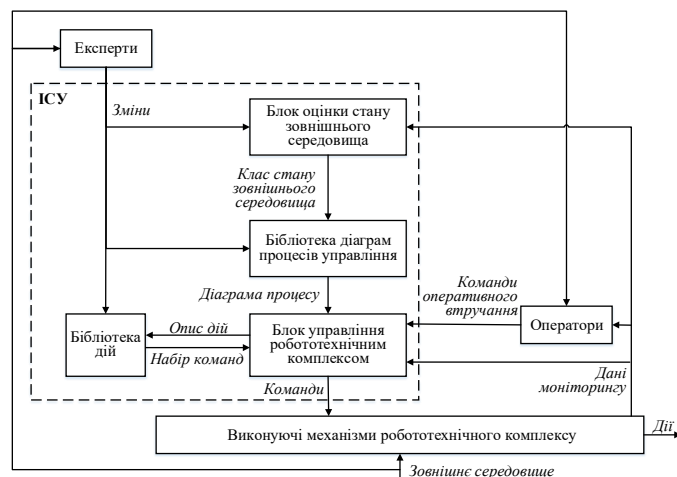


Рисунок 2 – Модель ІСУ РТК гуманітарного розмінування

Модель ІСУ РТК включає такі елементи: блок оцінки стану зовнішнього середовища, бібліотека діаграм процесів управління, блок керування РТК, бібліотека дій, рівень виконання для виконавчих механізмів робототехнічного комплексу (ВМРК), набори команд для ВМРК, групу експертів та операторів.

**ВИСНОВКИ.** Проведений аналіз дає змогу дійти висновку про складність проблеми досягнення цілей сталого розвитку у сфері гуманітарного розмінування із застосуванням РТК. Розв'язання цієї проблеми потребує креативності, комплексного підходу та ІСУ РТК та дозволяє розробити моделі ІСУ як на рівні прийняття рішень, так і на виконавчому рівні.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Nevliudov, I., Yanushkevych, D., Ivanov, L. Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian demining. / I. Nevliudov, D. Yanushkevych, L. Ivanov // Technology Audit and Production Reserves, 6/2 (62). – 2021. – P. 47-52.

2. Янушкевич Д., Іванов Л., Толкунов І. Креативні підходи управління якістю у сфері гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних систем / Д. Янушкевич, Л. Іванов Л., І. Толкунов // Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та

робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2023. – Харків, ХНУРЕ, – С. 55-59.

4. Hutsa O., Yanushkevych D., Yelchaninov D., Tolkunov I., Ivanov L., Petrova R., Morozova A. Conceptualization of intelligent control systems conceptual model for humanitarian demining robotic complexes based on verbal methods. *Science and Innovation* Vol. 20 №. 3 (2024), 82-95.

5. Maksymova, S., Yevsieiev, V., & Abu-Jassar, A. (2025). MICROCHIP MARKING RECOGNITION AND IDENTIFICATION USING A COMPUTER VISION SYSTEM MATHEMATICAL MODEL. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 5(4), 321-330.

6. Chala, O., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Abu-Jassar, A. (2025). USING THE HUMAN FACE RECOGNITION METHOD BASED ON THE MOBILENETV2 NEURAL NETWORK IN AUTHENTICATION SYSTEMS. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 5(3), 882-895.

7. Невлюдов, І. ІІ., Євсєєв, В. В., & Гурін, Д. В. (2025). MODEL DEVELOPMENT OF DYNAMIC REPRESENTATION A MODEL DESCRIPTION PARAMETERS FOR THE ENVIRONMENT OF A COLLABORATIVE ROBOT MANIPULATOR WITHIN THE INDUSTRY 5.0 FRAMEWORK. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*, 1(79), 42-48.

8. Demska, N., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalaileh, A. (2025). ANALYSIS OF METHODS, MODELS AND ALGORITHMS FOR A COLLABORATIVE ROBOTS GROUP DECENTRALIZED CONTROL. *ACUMEN: International journal of multidisciplinary research*, 2(2), 235-249.

9. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2025). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*, 9(1), 29-43.

10. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Demska, N. (2025). Development of a model for recognizing various objects and tools in a collaborative robot workspace. *ACUMEN: International journal of multidisciplinary research*, 2(1), 224-239.

11. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., & Maksymova, S. (2024). Calculation of the Distance to Objects in Collaborative Robots Workspace Using Computer Vision. *Journal of universal science research*, 2(11), 240-255.

12. Maksymova, S., Abu-Jassar, A., Gurin, D., & Yevsieiev, V. (2024). Comparative Analysis of methods for Predicting the Trajectory of Object Movement in a Collaborative Robot-Manipulator Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(10), 38-48.

13. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalaileh, A. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 5-12.

14. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 3046116.

15. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.

**Науковий керівник:** Янушкевич Дмитро Анатолійович, к.т.н., с.н.с., доцент кафедри КІТАР Харківського національного університету радіоелектроніки.