

СФЕРИЧНИЙ РОБОТ ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ: ДОСТУПНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО МАЙБУТНЬОГО

О. О. Сириця Д.В Гурін

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

Email: oleksandr.syrytsia@nure.ua , dmutro.gurin@nure.ua

Анотація: У статті розглядається концепція сферичного робота для гуманітарного розмінування, який поєднує високу мобільність і стійкість завдяки зміщенню центру ваги. Робот оснащений сучасними сенсорами, автономною системою навігації та механізмом знешкодження мін. Конструкція передбачає енергоефективний маятниковий привід і захисні пластини для багаторазового використання. Така технологія спрямована на підвищення безпеки, ефективності та доступності розмінування постконфліктних територій.

Ключові слова: робот-сапер, сферичний робот, розмінування, розмінування роботом, безпечне розмінування.

A SPHERICAL ROBOT FOR HUMANITARIAN DEMINING: AN AFFORDABLE SOLUTION FOR A SECURE FUTURE

O. Syrytsia D.Gurin

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

Email: oleksandr.syrytsia@nure.ua, dmutro.gurin@nure.ua

Annotation: The article explores the concept of a spherical robot designed for humanitarian demining, integrating high mobility and stability through a shifting center of gravity. The robot is equipped with advanced sensors, an autonomous navigation system, and a mine neutralization mechanism. Its design features an energy-efficient pendulum drive and protective plates for reusable deployment. This technology aims to enhance safety, efficiency, and affordability in demining operations across post-conflict areas.

Keywords: demining robot, spherical robot, demining, demining by robot, safe demining.

Проблема мінного забруднення є однією з найбільших загроз для безпеки цивільного населення у постконфліктних регіонах світу. За даними ООН, щороку міни та нерозірвані боєприпаси стають причиною тисяч поранень і смертей, здебільшого серед мирного населення, включно з дітьми. Традиційні методи розмінування залишаються дорогими, повільними та ризикованими, що вимагає пошуку нових підходів до вирішення цієї проблеми. Одним із таких інноваційних рішень може стати сферичний робот, який поєднує доступність, ефективність та технологічну простоту [1].

Сферичний робот має унікальну конструкцію, яка забезпечує високу стійкість та мобільність. Його основний принцип роботи базується на зміщенні центру ваги, що дозволяє пристрою обертатися і переміщатися різними типами поверхонь, зокрема по піску, камінню чи болотистій місцевості. Така форма не лише знижує ризик перевертання, але й робить пристрій більш захищеним від пошкоджень, наприклад, у разі випадкового вибуху. Завдяки цьому робот може працювати у найскладніших умовах і досягати зон, які недоступні для традиційних розмінувальних машин.

Технологічна складова робота може включати сучасні сенсори, такі як металопукачі, тепловізори та геолокатори, які дозволяють йому ефективно виявляти міни. Дані, отримані з цих сенсорів, аналізуються вбудованим штучним інтелектом або деревом рішень, що дозволяє

роботу автономно приймати рішення щодо маршруту та способів знешкодження вибухових пристроїв. Крім того, сферичний робот можна програмувати на виконання завдань у напівавтоматичному режимі через спеціалізований додаток, що забезпечує гнучкість використання.

Економічність розробки є ще однією ключовою ідеєю та перевагою. Використання простих матеріалів, таких як легкі полімери, і відмова від складних механізмів зроблять виробництво робота доступним навіть для країн із обмеженими ресурсами.

Привід робота. Пропонується маятниковий привід, він забезпечує простоту та енергоефективність. Вага вантажу впливає на обертальний момент: чим більша вага, тим більша сила обертання. Проте збільшення ваги також ускладнює рух і підвищує енергоспоживання, що вимагає оптимального балансу між розмірами, матеріалами та масою. Водночас є обмеження: такі роботи мають труднощі при підйомі на круті схили, зазвичай долаючи ухили до 30 градусів.

Така конструкція передбачає наявність нерухомої осі, що проходить через центр зовнішньої оболонки робота. Усередині сфери розташовані маятник та вантаж, які обертаються навколо цієї осі. Коли маятник змінює своє положення, центр маси зміщується відносно центральної осі сфери, що викликає її рух. Для зміни напрямку руху маятник може зміщуватися ліворуч чи праворуч, впливаючи на центр маси та змушуючи сферу повертати в потрібний бік [2].

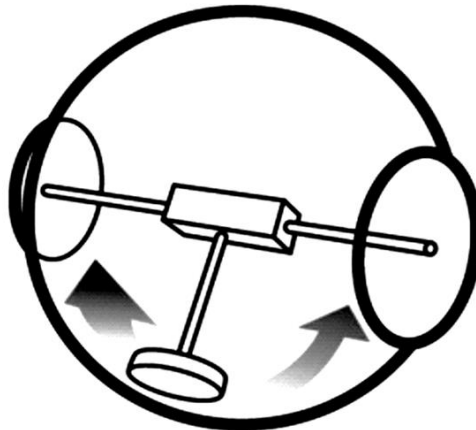


Рисунок 1 – Комерціалізований маятниковий робот Rotundus [3].

Такий привід є популярним та економічним, також його можна модифікувати для підвищення його ефективності.

Робот буде укомплектований GPS для орієнтування та можливості програмування його руху, можна буде використовувати різні додатки для його програмування його маршруту, а для дій при аварії з відходженням з курсу буде штучний інтелект який повинен повернути робота на заданий маршрут.

Однією з важливих характеристик сферичного робота є його багаторазовість, яка забезпечується спеціальною конструкцією корпусу, що нагадує їжачка. Ця концепція передбачає використання зовнішніх пластин, які здатні гасити енергію вибуху або компенсувати її, зберігаючи функціональність пристрою.

Робот оснащений шаром захисних пластин, що виконують дві основні функції: розсіювання енергії вибуху, пластини розташовані таким чином, щоб вибухова хвиля перенаправлялася і розсіювалася, зменшуючи її вплив на внутрішні компоненти та

амортизація, під пластинами розташовано прошарок із матеріалів, які поглинають удар, наприклад, пінополіуретан, силіконові подушки або багатошарові композитні структури, або сама пластина може бути на пружині.

Ці пластини можуть бути знімними, що дозволяє швидко замінювати пошкоджені елементи після вибуху, зберігаючи багаторазовість використання робота. У майбутньому такі роботи можуть бути оснащені адаптивними пластинами, які змінюють свою форму або жорсткість залежно від інтенсивності вибуху. Це дозволить ще більше підвищити безпеку і зменшити витрати на обслуговування.

Для нормального функціонування сферичного робота потрібні датчики, за їх допомогою буде контролюватися переміщення.

Датчики нахилу для визначення кута нахилу робота відносно земної поверхні. Вони критично важливі для контролю руху, забезпечуючи стабільність та точне зміщення центру маси.

Датчики прискорення дозволяють вимірювати динамічні зміни положення робота в просторі. Завдяки таким датчикам можна коригувати рух та визначати, наскільки швидко робот переміщується чи змінює напрямок, також це допоможе визначити аварійну ситуацію.

GPS-модулі визначають координати робота з точністю до кількох метрів. GPS необхідний для автономної навігації, особливо якщо робот працює на великих відкритих площах.

Гіроскопи визначають обертання робота навколо його осей. Ці дані допомагають стабілізувати рух і забезпечувати точне переміщення.

Також можна встановити датчик тиску та температури для визначення аварійних ситуацій, наїзду на міну.

Це необхідний мінімум для сферичного робота та його задач.

ВИСНОВКИ. Використання такого робота може значно прискорити процес гуманітарного розмінування. Це особливо актуально для постконфліктних регіонів, де великі площі територій залишаються небезпечними для життя навіть через роки після завершення бойових дій. Автономність і мобільність пристрою дозволяють швидко очищати території, мінімізуючи ризики для саперів і мирного населення. При цьому робот здатний виконувати свою роботу з мінімальним впливом на навколишнє середовище, що є важливим аспектом для збереження екосистеми.

Сферичний робот не лише вирішує технічну проблему розмінування, але й має значний соціальний вплив. Його впровадження допоможе зменшити кількість нещасних випадків серед мирного населення, прискорити повернення територій до цивільного використання та сприяти економічному відновленню постраждалих регіонів. Крім того, доступність і простота цієї технології роблять її привабливою для масового впровадження в різних країнах.

У світі, де проблема мінного забруднення залишається актуальною, сферичний робот є прикладом того, як інновації можуть змінити життя мільйонів людей. Ця розробка відкриває нові можливості для гуманітарного розмінування, поєднуючи технологічну ефективність із соціальною значущістю. Її впровадження може стати важливим кроком до створення безпечного майбутнього для всього людства.

ЛІТЕРАТУРА

1. ООН: кількість випадків загибелі цивільних осіб в Україні перевищує 10 000 | Моніторингова місія ООН з прав людини в Україні. *UN Human Rights Monitoring Mission in Ukraine*. URL: <https://ukraine.ohchr.org/uk/civilian-deaths-ukraine-war-top-10000-un-says-UA> (дата звернення: 18.12.2024).

2. Chase R., Pandya A. A Review of Active Mechanical Driving Principles of Spherical Robots. *Robotics*. 2012. Vol. 1, no. 1. P. 3–23. URL: <https://doi.org/10.3390/robotics1010003> (date of access: 18.12.2024).
3. Design – Rotundus. *Rotundus*. URL: <https://rotundus.se/design/> (date of access: 18.12.2024).
4. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // Sectoral research XXI :characteristics and features : collection of scientific papers SCIENTIA with proceedings of the VII International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. - Chicago : European Scientific Platform, 2023. - P. 92-94.
5. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків: 2020.С. 257
6. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., & Ahmad, M. A. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive Cyber-Design CPPS Development.
7. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2024). Study of Methods of Dynamic Description of The Environment for Collaborative Robots-Manipulators in the Concepts of Industry 5.0 (Doctoral dissertation, Collection of scientific papers «SCIENTIA»).
8. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic user authentication key for access to HMI/SCADA via unsecured internet networks. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 5866922.
9. Gurin, D., & et al. (2024). Using Convolutional Neural Networks to Analyze and Detect Key Points of Objects in Image. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 5-15.
10. Yevsieiev, V., & et al. (2025). Development of a program for processing 3d models of objects in a collaborative robot workspace using an HD camera. *ACUMEN: International journal of multidisciplinary research*, 2(1), 194-210.
11. Gurin, D., & et al. (2024). Effect of Frame Processing Frequency on Object Identification Using MobileNetV2 Neural Network for a Mobile Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 36-44.
12. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Khosravi, M. R. (2022). Control system development and implementation of a CNC laser engraver for environmental use with remote imaging. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 9140156.
13. Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473.
14. Abu-Jassar AT, Attar H, Amer A, et al. Remote Monitoring System of Patient Status in Social IoT Environments Using Amazon Web Services (AWS) Technologies and Smart Health Care. *International Journal of Crowd Science*, 2024
15. Abu-Jassar A. Building a Route for a Mobile Robot Based on the BRRT and A*(H-BRRT) Algorithms for the Effective Development of Technological Innovations / Amer Abu-Jassar, Hassan Al-Sukhni, Yasser Al-Sharo, S. Maksymova, V. Yevsieiev, V. Lyashenko // *International Journal of Engineering Trends and Technology*. – 2024. – V. 72(11). – P. 294-306.
16. Yevsieiev, V., Alkhalaileh, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Research of Existing Methods of Representing a Collaborative Robot-Manipulator Environment within the Framework of Cyber-Physical Production Systems. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 112-120.