

ДОДАТОК А

Код програми для ESP32

```

#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>

// Wi-Fi
const char* ssid = "Deminer";
const char* password = "Deminer!";

// Motor control pins
const int motoP = 4; // Positive motor
const int motoN = 5; // Negative motor

WebServer server(80);

String htmlPage = R"=====(
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>Deminer Control</title>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <style>
    body { font-family: Arial; text-align: center; margin-top: 50px; background: #f0f0f0; }
    h1 { color: #333; }
    .btn { padding: 20px 40px; margin: 15px; font-size: 28px; border: none; border-radius: 12px;
cursor: pointer; }
    .on { background-color: #4CAF50; color: white; }
    .on:hover { background-color: #45a049; }
    .off { background-color: #f44336; color: white; }
    .off:hover { background-color: #da190b; }
    .status { font-size: 32px; margin: 30px; padding: 20px; }
  </style>
</head>
<body>
  <h1>Deminer Robot</h1>
  <div class="status" id="status">Motors: OFF</div>
  <button class="btn on" onclick="sendCmd('/on')">ON</button>
  <button class="btn off" onclick="sendCmd('/off')">OFF</button>

  <script>
    function sendCmd(cmd) {
      fetch(cmd)
        .then(r => r.text())
        .then(text => {
          document.getElementById("status").innerText = text;
        });
    }
  </script>
</body>
</html>
)=====";

// Handlers
void handleRoot() {

```

```
    server.send(200, "text/html", htmlPage);
}

void handleOn() {
    digitalWrite(motoP, HIGH);
    server.send(200, "text/plain", "Motors: ON");
}

void handleOff() {
    digitalWrite(motoP, LOW);
    server.send(200, "text/plain", "Motors: OFF");
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    pinMode(motoP, OUTPUT);
    pinMode(motoN, OUTPUT);
    digitalWrite(motoP, LOW);
    digitalWrite(motoN, LOW);

    WiFi.softAP(ssid, password);
    Serial.print("AP started. IP: ");
    Serial.println(WiFi.softAPIP());

    server.on("/", handleRoot);
    server.on("/on", handleOn);
    server.on("/off", handleOff);

    server.begin();
    Serial.println("Web server started");
}

void loop() {
    server.handleClient();
}
```

ДОДАТОК Б

Висвітлення результатів у статті

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



МАТЕРІАЛИ

**II Всеукраїнської конференції
«Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки»
(Computer-integrated technologies, automation and robotics)**

**СІТАР'25
16-17 травня 2025**

[електронне видання]

Харків 2025

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2025: матеріали II-ї Всеукраїнської конференції, Харків, 16-17 травня 2025.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2025. – 132 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним автоматизованим технологіям Industry 4.0 та їх впровадження; інформаційні управляючі системи технологічного призначення; математичні методи в системах автоматизації; розробка та програмування в робототехніці; штучний інтелект та машинне навчання в автоматизації; інтеграція технологій у виробництві та промисловості; сенсорні технології та взаємодія людини з роботами в Industry 5.0; ефективність використання роботизованих систем у виробництві; етика та правові аспекти в робототехніці; Інтернет речей та Інтегровані системи в комп'ютерно-інтегрованих технологіях, автоматизації та робототехніки; технологічні виклики та інновації у світі робототехніки.

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

Computer-integrated technologies, automation and robotics 2025: Proceedings of II st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, May 16-17, 2025: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] - Kharkiv .: [electronic version], 2025. - 132 p.

The collection includes abstracts devoted to modern automated technologies of Industry 4.0 and their implementation; information control systems for technological purposes; mathematical methods in automation systems; development and programming in robotics; artificial intelligence and machine learning in automation; integration of technologies in production and industry; sensor technologies and human interaction with robots in Industry 5.0; efficiency of using robotic systems in production; ethics and legal aspects in robotics; Internet of Things.

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

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), ХНУРЕ, 2025

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова комітету конференції	Невлюдов Ігор Шакирович , доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Секретар конференції	Євсєєв Владислав Вячеславович , доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Технічний секретар	Самойленко Ганна Юріївна , асистент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Редакційна колегія:	<p>Филипенко Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p>Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p>Ромашов Юрій Володимирович доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p>Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно- конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».</p> <p>Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.</p> <p>Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».</p> <p>Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського</p> <p>Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, декан факультета Інформаційної безпеки та електронних комунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».</p>

СФЕРИЧНИЙ РОБОТ ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ: ДОСТУПНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО МАЙБУТНЬОГО

О. О. Сирця 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 металошукачі, 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 зробляють 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 багатопшарові 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 території 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 VIIInternational 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. Nevludov, 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. Nevludov, 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.

ДОДАТОК В

Демонстраційний матеріал у вигляді презентації

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра КІТАР
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На тему: Розробка роботизованого розмінувальника

Виконав:

ст. гр. КТРСм-24-1

Сириця О. О.

Керівник:

проф. каф. КІТАР

Косенко В. В.

Мета кваліфікаційної роботи

Актуальність обраної теми обґрунтована мінним забрудненням яке створює серйозну загрозу для життя цивільних у постконфліктних регіонах. Традиційні методи розмінування є дорогими, повільними та небезпечними для саперів. У той час як сучасні роботи залишаються складними й вразливими до підривів.

Мета роботи – підвищення ефективності гуманітарного розмінування шляхом розробки дешевого, автономного та стійкого до багаторазових підривів робота для очищення мінних полів.

Об'єкт розробки – процес автономного розмінування полів.

Предмет розробки – методи гуманітарного розмінування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати існуючі системи розмінування;
- проаналізувати типи мін і вимоги до роботів для їх знешкодження;
- розробити макет роботизованого розмінувального;
- розробити код для мікроконтролера;
- зробити розрахунки динаміки.

Аналіз сучасних систем розмінування



Рисунок 1 – DOK-ING MV-4



Рисунок 2 – MED-ENG
Avenger LT



Рисунок 3 – MED-ENG ROV
ISS

Особливості мін та вимоги до розмінувальних робіт



Огляд технологій виявлення мін



Рисунок 9 – Робот TALON із земле-проникаючим радаром



Рисунок 10 – Vozena-5

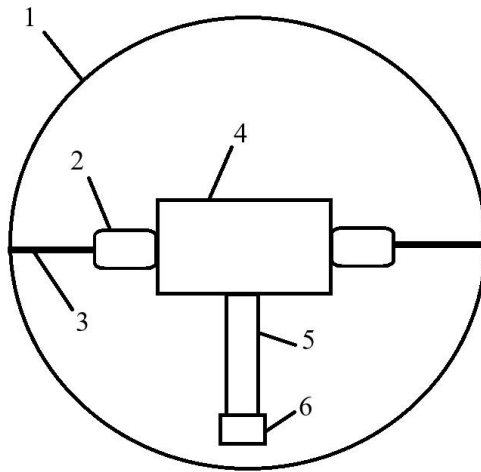


Рисунок 11 – Оптична камера високої роздільної здатності



Рисунок 12 – DOK-ING MV-10

Ескіз сферичного роботизованого розмінувального



1 – корпус; 2 – мотор-редуктор; 3 – вал; 4 – місце розташування плати управління та акумулятора; 5 – маятник; 6 – тягарець.

Рисунок 13 – Ескіз сферичного роботизованого розмінувального

Компоненти макету

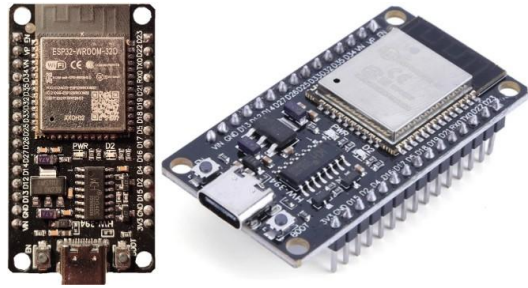


Рисунок 14 – Мікроконтролер
ESP32-WROOM-32D



Рисунок 15 – Мотор-редуктор
N20, редуктор 1:200



Рисунок 16 – Літій-іонний
акумулятор 18650

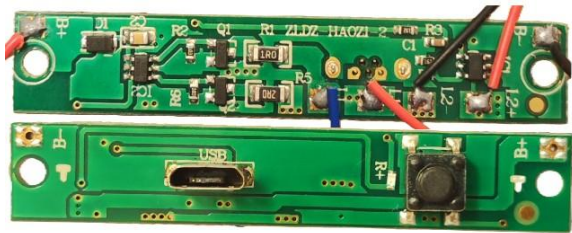


Рисунок 17 – Контролер заряду

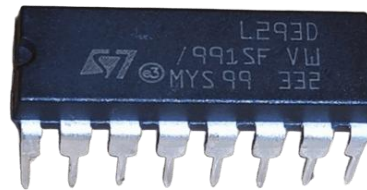


Рисунок 18 – Драйвер моторів
двоканальний L293D

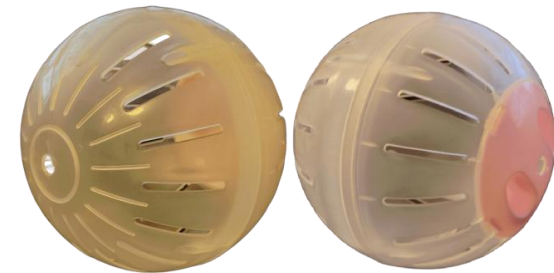


Рисунок 19 – Сферичний корпус

Макет роботизованого розмінувальника

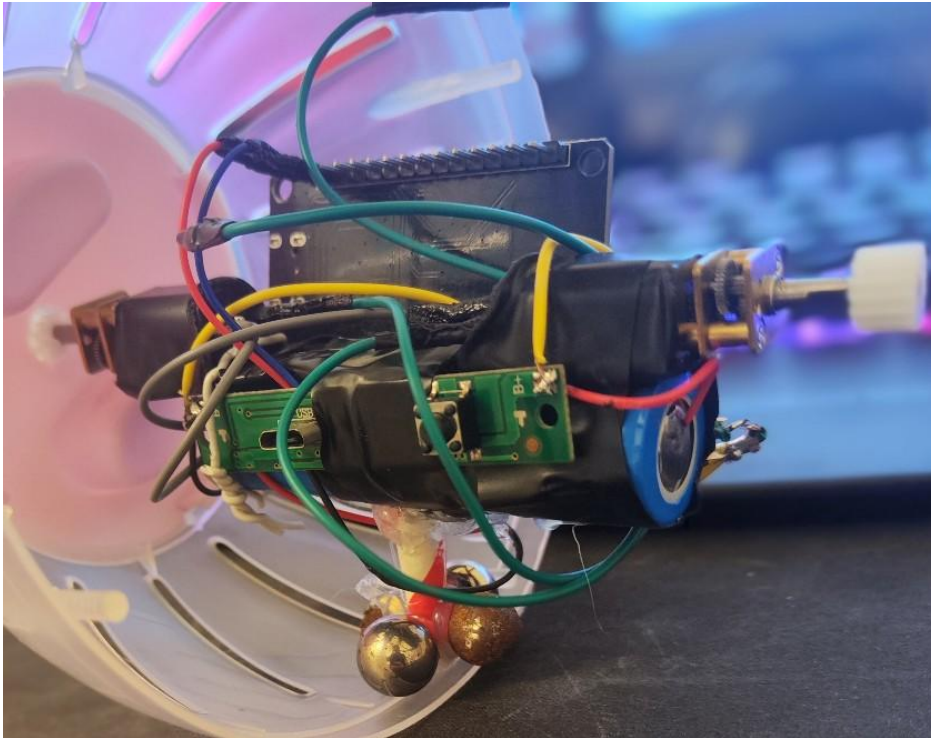


Рисунок 21 – Вид макету
спереду

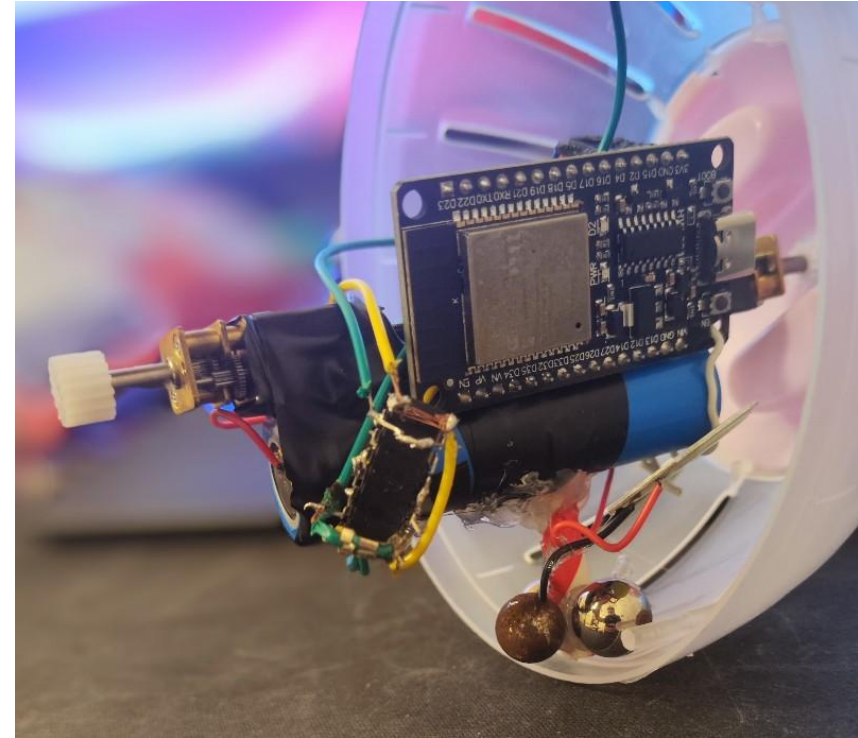


Рисунок 22 – Вид макету
позаду

Макет роботизованого розмінувальника

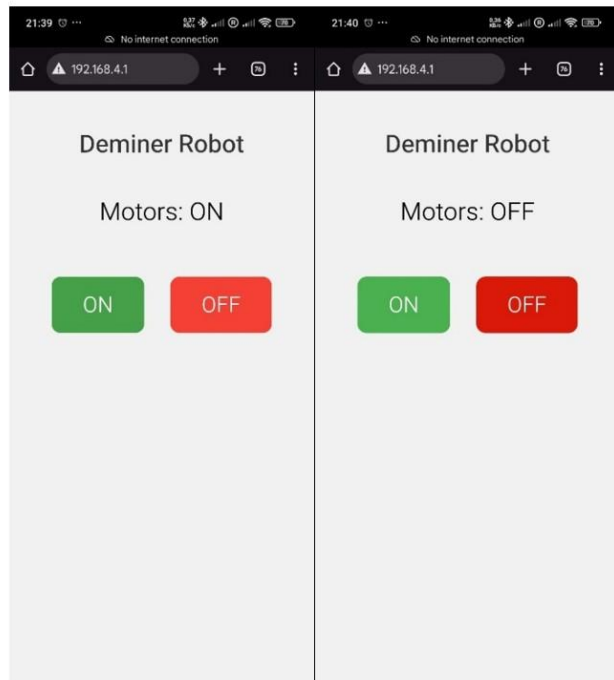


Рисунок 23 – Вигляд макету спереду

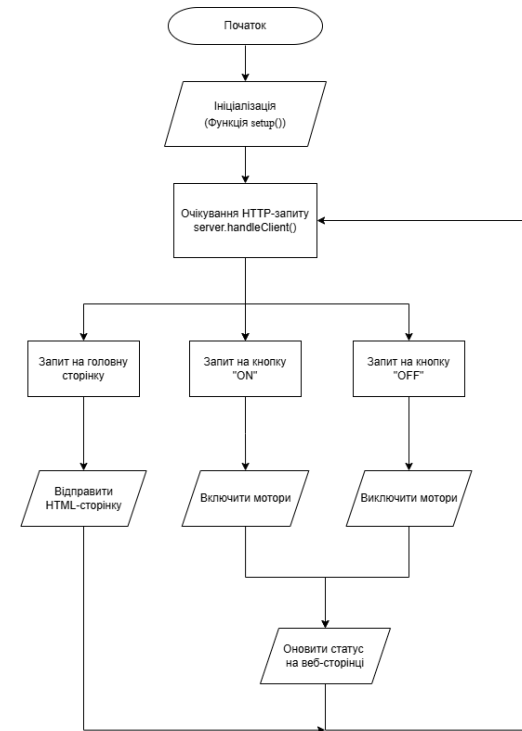


Рисунок 24 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера

Експеримент переміщення по нахилу

$$m \cdot L \cdot \sin(\theta) > (M + m) \cdot R \cdot \sin(\alpha)$$

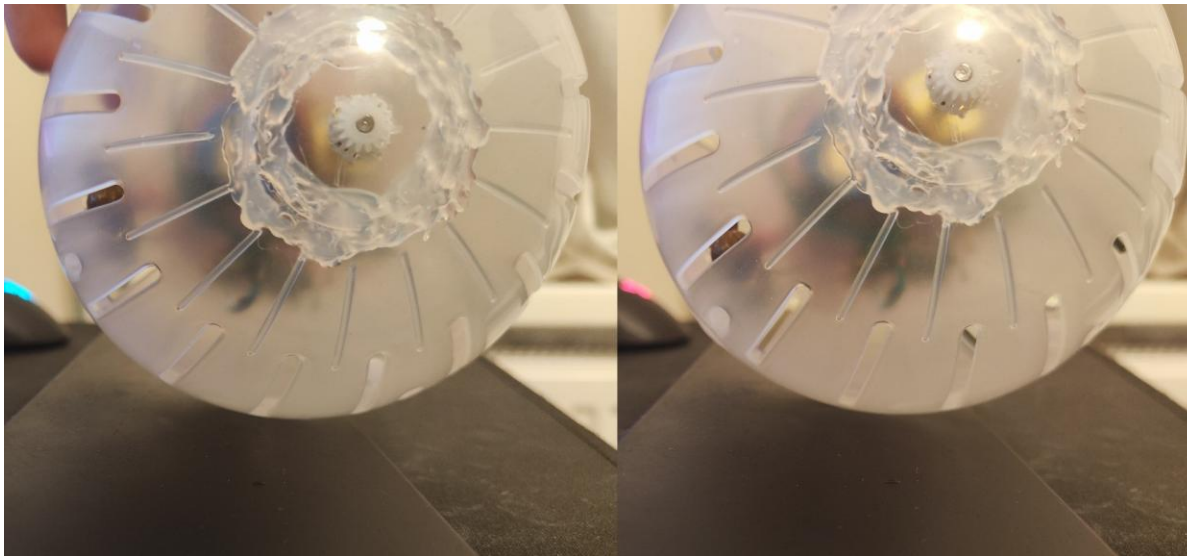


Рисунок 25 – Статика макету
при нахилу 11°



Рисунок 26 – Статика макету
при нахилу 16°

Висновки

В ході виконання роботи було проведено аналіз сучасних систем розмінування, особливостей мін та вимоги до розмінувальних роботів. Оцінено перспективи застосування округлих форм у роботизованих розмінувальників. Розглянуто методи виявлення та знешкодження мін.

Роботизований розмінувальник розроблювався для розмінування мінних полів на постконфліктних територіях, із можливістю використання для гуманітарного розмінування. Було розроблено макет, та написано код для мікроконтролеру. Для макету управління зроблено через локальну мережу. Концепція роботизованого розмінувальника передбачала багаторазове використання на полі за допомоги змінних захисних пластин на ніжках, у макеті не вдалося це реалізувати із-за того, що роботизований розмінувальник стане нерозбірним та втратить балансування.

Досягнуто переміщення робота за рахунок зміщення центру ваги. Реалізовано це двома моторами які підіймають маятник з тягарцями на кінці, без зупинки.

Результати роботи можна віднести до цілей сталого розвитку: ціль 9. Індустріалізація, інновації та інфраструктура.

