

Міністерство освіти і науки України
Департамент науки і освіти Харківської обласної державної адміністрації
Комунальний заклад «Харківська обласна Мала академія наук
Харківської обласної ради»

Відділення інженерії та матеріалознавства
Секція: автоматизація та робототехніка

РОБОТОТЕХНІЧНА СИСТЕМА «РОБОТ-САПЕР»

Роботу виконала:

Білецька Поліна Євгенівна, учениця
10 класу Комунального закладу
«Харківський ліцей № 141 Харківської
міської ради»

Наукові керівники:

Гурко Олександр Геннадійович,
завідувач кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій,
Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету,
професор, доктор технічних наук

Тарасенко Ольга Миколаївна,
вчитель інформатики Комунального
закладу «Харківський ліцей № 141
Харківської міської ради»

РОБОТОТЕХНІЧНА СИСТЕМА «РОБОТ-САПЕР»

Білецька Поліна Євгенівна, Харківське територіальне відділення Малої академії наук України, Комунальний заклад «Харківський ліцей № 141 Харківської міської ради», 10 клас, м. Харків.

Гурко Олександр Геннадійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків.

Тарасенко Ольга Миколаївна, учитель інформатики комунального закладу «Харківський ліцей №141 Харківської міської ради», м. Харків.

Актуальність. За роки війни Україна стала найбільш замінованою країною у світі: за даними Міноборони України, загальна площа забруднених вибухонебезпечними предметами територій складає 174 тисячі км², що більше ніж територія деяких європейських країн. Велика кількість вибухонебезпечних предметів привела до чисельних жертв серед мирного населення та рятувальників-піротехніків. Тому Україні терміново потрібні нові рішення та технології, які дозволять пришвидшити процес розмінування та зробити його більш ефективним.

Мета: підвищення швидкості та ефективності розмінування великих територій України та інших країн за рахунок створення недорогої та ефективної робототехнічної системи для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Об'єкт роботи: процес автоматизованого а дистанційного знаходження та знешкодження наземних протипіхотних та протитанкових мін.

Предмет роботи: робот для розмінування території.

Завдання роботи:

- аналіз існуючих рішень щодо виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів для визначення їх переваг та недоліків;
- розробка структури роботизованої системи для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів, визначення її механічних особливостей;
- вибір технічних засобів для створення діючої моделі роботизованої системи;
- розробка та зборка діючої моделі запропонованої системи, розробка програмного забезпечення та підтвердження ефективності її роботи.

Ключові слова: розмінування, робот-сапер, тепловізор, металодетектор, маніпулятор, модель

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ РОБОТИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	6
1.1. Актуальність теми роботи.....	6
1.2. Засоби для виявлення вибухонебезпечних предметів	8
1.3. Аналіз техніки для розмінування	12
1.3.1. Класифікація техніки для розмінування.....	12
1.3.2. Машини для розмінування.....	13
1.3.3. Навісне обладнання для розмінування	15
1.3.4. Роботи для розмінування	16
РОЗДІЛ 2 СКЛАД ТА ПРИНЦИП ДІЇ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ	19
2.1. Функціональна схема запропонованої системи.....	19
2.2. Засіб для пересування.....	19
2.3. Засоби для знаходження та демонтажу мін.....	22
2.4. Засіб для демонтажу мін	24
2.5. Допоміжні частини робота.....	26
2.6. Засіб комунікації	27
2.7. Остаточна конструкція робота	28
ВИСНОВКИ.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32
Додаток А Код для гусениць.....	36
Додаток Б Код для металодетектора	37
Додаток В Код для маніпулятора	39
Додаток Г Код для засобу комунікації.....	40
Додаток Д Повний код для робота	41

ВСТУП

З 2014 року Україна є зоною бойових дій, що пошилися практично на всю її територію перебуває у з 24 лютого 2022 року. За цей час країна фактично забруднена різноманітними вибухонебезпечними предметами: від снарядів та бомб, що не розірвалися, до величезних мінних полів та замінованих невеличких господарських ділянок. Насиченість України, та й будь якої іншої країни, вибухонебезпечними предметами є передумовою гуманітарної катастрофи, так як призводить до чисельних жертв серед мирного населення, дуже часто – дітей, ставить під загрозу проведення сільськогосподарських робіт, обмежує переміщення транспорту тощо. Велика кількість вибухівки робить роботу рятувальників-піротехніків ще більш важкою та небезпечною. Тому необхідні засоби, що, з одного боку, пришвидшать процес виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів, а з іншого – підвищать безпеку рятувальників-піротехніків. До таких засобів відносяться роботи для розмінування, що вже виготовлюються деякими світовими виробниками, проте вони дуже коштовні.

Звідси, **метою роботи** є підвищення швидкості та ефективності розмінування великих територій України та інших країн за рахунок створення недорогої та ефективної робототехнічної системи для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Для досягнення мети в роботі вирішуються наступні **завдання**:

- аналіз існуючих рішень щодо виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів для визначення їх переваг та недоліків;

- розробка структури роботизованої системи для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів, визначення її механічних особливостей;

- вибір технічних засобів для створення діючої моделі роботизованої системи;

- розробка та зборка діючої моделі запропонованої системи, розробка програмного забезпечення та підтвердження ефективності її роботи.

Об'єкт роботи: процес автоматизованого а дистанційного знаходження та знешкодження наземних протипіхотних та протитанкових мін.

Предмет роботи: робот для розмінування території.

В роботі запропоновано конструкцію недорогої робототехнічної системи для виявлення а знешкодження вибухонебезпечних предметів. Експериментальні дослідження з розробленим діючим макетом показали ефективність запропонованих рішень.

Застосування результатів роботи сприятиме підвищенню безпеки та ефективності роботи рятувальників-піротехніків.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ РОБОТИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1. Актуальність теми роботи

Починаючи з Першої світової війни стали масово використовувати міни і зараз різноманітні міни є великою проблемою для всіх країн, в яких велися або ведуться бойові дії, а їх зараз понад 80. У цих країнах міни покривають величезну територію, а до них додаються ще й боєприпаси, що не спрацювали, які загубили або про які забули. За підрахунками фахівців, загальна кількість таких вибухонебезпечних предметів складає близько 110 мільйонів, але ця цифра є приблизною і точне значення не знає ніхто [1]. Всі ці вибухонебезпечні предмети містять в собі велику та тривалу загрозу для місцевого населення, оскільки застаються небезпечними протягом багатьох десятиріч. Українцям це дуже добре відомо, оскільки ще досі на нашій землі знаходять міни та боєприпаси часів Другої світової війни. Але ж з моменту визволення України від нацистів минуло 80 років! На жаль, до України знов прийшла війна і за даними Mines Advisory Group, наша країна є найбільш замінованою територією світу, залишивши далеко позаду попередніх «лідерів» – Афганістан та Сирію. Наразі небезпечною є територія біля 180 тис км² [2], а це майже третя частина України (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Заміновані території України [29]

Замінована територія була б ще більшою, якщо б не самовіддана праця співробітників ДСНС, що щоденно знешкоджують залишені окупантами вибухонебезпечні предмети. Минулого року, піротехніки ДСНС найбільше працювали на Харківщині – 22 тис. 166 раз, потім йде Київщина – 8 тис. 525, Донеччина – 7 тис. 598, Миколаївщина – 5 тис. 811, Херсонщина – 7 тис. 213, Чернігівщина – 4 тис. 890, Сумщина – 2 тис. 427 та Черкащина – 1 тис. 271 раз [3]. Таким чином, гуманітарне розмінування є однією з найактуальніших проблем, з якою зіштовхнулася Україна, поряд з такими країнами як Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія тощо [4].

У 2022 р. у світі лише зафіксовано 4710 жертв вибухонебезпечних предметів, серед яких 1661 людина загинула, причому половина жертв серед цивільного населення – діти [5]. Сумне друге місце по кількості загиблих посіла Україна: у 2022 р. постраждало 608 загиблих чи поранених мирних громадян (у 2021 р. було 58 жертв). Тут Україна поступилася лише Сирії, де зафіксовано 834 загиблих [5]. Однак це неточні дані, оскільки далеко не всі випадки відомі та реєструються. Отже, проблема швидкого виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів є дуже актуальною для всього світу.

Розвиток технологій, засобів телекомунікації та робототехніки привів до створення нових пристроїв, що полегшують процес пошуку та знешкодження вибухонебезпечних предметів. Найбільш перспективним є автоматизоване розмінування, що має наступні переваги.

1. Забезпечують безпеку саперів, адже вони можуть досліджувати підозрілі предмети та проводити розмінування на безпечній відстані.

2. Підвищують ефективність процесу розмінування, так як автоматизовані системи працюють швидше та точніше, ніж сапери.

3. Автоматизовані системи, що оснащені високочутливими датчиками здатні виявляти вибухонебезпечні предмети заздалегідь навіть у складних умовах оточуючого середовища, наприклад, під завалами будівель.

4. Робота над створенням систем для автоматизованого пошуку вибухівки та розмінування, в свою чергу, сприяє подальшому розвитку технологій у сфері робототехніки та штучного інтелекту [6].

На сьогодні вже розроблено багато різноманітних системи для розмінування, що успішно використовуються саперами підрозділами багатьох країн. Розглянемо основне обладнання, що використовується для виявлення вибухонебезпечних предметів.

1.2. Засоби для виявлення вибухонебезпечних предметів

У сучасних умовах для виявлення вибухонебезпечних предметів найпоширенішими у є такі види пошукових знарядь та приладів [7, 13]:

- металошукачі, або металодетектори;
- оглядова рентгенівська апаратура;
- прилади зворотно-розсіяного іонізованого випромінювання;
- пристрої для контролю важкодоступних місць;
- тепловізори;
- георадари.

Металодетектори. Грунтові металодетектори (рис. 1.2) вже давно використовують при розмінуванні, так як вони дозволяють виявити вибухонебезпечні предмети, що приховані під землею, під водою, замуrowані у стіні і т.д. Їх також зручно використовувати на великих територіях.



Рис. 1.2. Грунтовий металодетектор [23]

Для зручності металодетектори оснащують телескопічною штангою, яка дозволяє значно збільшити зону пошуку десь на 1,2 м [15].

Пристрої для контролю важкодоступних місць. Для пошуку вибухонебезпечних предметів у важкодоступних місцях, таких як автомобілі, різноманітні контейнери, будинки, місцевість зі складним рельєфом тощо використовують спеціальне обладнання – оглядові дзеркала, ендоскопи (фіброскопи, бороскопи), оглядові пристрої із застосуванням телекамер тощо (рис. 1.3). Сучасні пристрої мають мініатюрний об'єктив, що знаходиться уміщений на кінці або тонкого гнучкого рукава або жорсткої трубки. Зображення з об'єктиву передається по волоконно-оптичному кабелю або за допомогою системи луп до окуляра. В окулярній частині може розміщуватися мініатюрна телекамера, сигнал з якої передається на монітор [7, 13].



Рис. 1.3. Приклади пристроїв для контролю важкодоступних місць [24]

Оглядова рентгенівська апаратура. Важливу роль при виявленні вибухонебезпечних предметів грають рентгенівські інтроскопи (рис. 1.4).

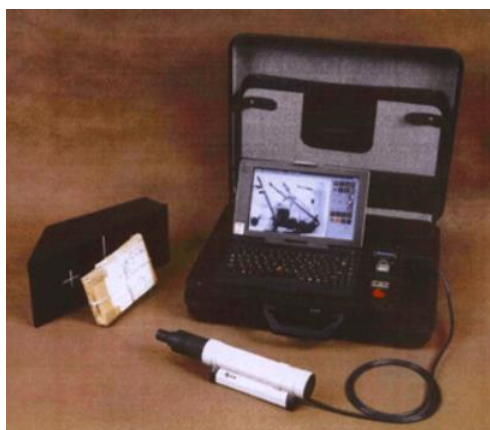


Рис. 1.4. Оглядова рентгенівська апаратура [17]

Принцип роботи дії рентгенівських інтроскопів ґрунтується на взаємодії вибухонебезпечного предмету з проникаючим випромінюванням теплових нейтронів або променів певного спектра електромагнітних коливань. Зображення вибухонебезпечного пристрою відображується на екрані, що дозволяє вивчити його конструкцію [16, 17].

Прилади зворотно-розсіяного іонізованого випромінювання. Якщо є підозра, вибухонебезпечний предмет приховано в металевій конструкції, то в цьому випадку доцільно використовувати апаратуру, що працюють з використанням методу зворотно-розсіяного іонізованого випромінювання [7, 18]. Сутність цього методу полягає у взаємодії випромінюваних рентгенівських і гамма-квантів з електронами атомних оболонок речовини підозрілого об'єкта. Під час цієї взаємодії частина випромінюваних гамма-квантів поглинається, а частина – розсіюється та потрапляє на спеціальний детектор. Дані з детектора обробляються за допомогою спеціальної комп'ютерної програми та надаються оператору у вигляді зображення або числового значення (рис. 1.5).

Недоліком останніх двох систем є неможливість їх використання у польових умовах.



Рис. 1.5. Прилад зворотно-розсіяного іонізованого випромінювання (K910B “Buster”) [25]

Тепловізор. При виявленні вибухонебезпечних предметів добре зарекомендували себе тепловізори (рис. 1.6). Принцип дії тепловізора полягає

у перетворенні випромінення інфрачервоного спектру до видимого діапазону світлового випромінення. Теплова енергію, яку випромінюють об'єкти, реєструється спеціальною матрицею, перетворюється у електричний сигнал та обробляється мікропроцесорною системою, що створює візуальне зображення. Деякі тепловізори дозволяють розрізнити різницю температури до сотих часток градусів [8].



Рис. 1.6. Тепловізійна камера (IRay Xeye E3 Pro) [26]

Георадар. Сучасний георадар (рис. 1.7) – це прилад, що дозволяє не просто виявити предмети під землею, а й визначити їхні контури та глибину залягання. для неруйнівного контролю неоднорідностей середовища.

Фактично георадар – це радіолокатор, що випромінює електромагнітні хвилі високої частоти та обробляє сигнал, що відбивається від межі поділу шарів ґрунту та інших об'єктів з різною магнітною проникністю [14].



Рис. 1.7. Георадар [27]

Георадар може розрізнити різноманітні неоднорідності, що дуже корисно при пошуку вибухонебезпечних предметів, наприклад під шаром ґрунту [9]. Однак георадар є достатньо дорогим пристроєм та лише нещодавно почав

використовуватися для пошуку вибухонебезпечних предметів, тому не встиг набути популярності.

Розглянуті вище пристрої або вже використовуються, або є перспективними для виявлення вибухонебезпечних предметів, тому деякі з них будуть використані у нашій роботі.

1.3. Аналіз техніки для розмінування

1.3.1. Класифікація техніки для розмінування

Розвиток технологій залишив свій слід і у створенні різних роботехнічних систем. Використання таких систем для розмінування вкрай важливо, бо, як було зазначено вище, техніка для пошуку вибухонебезпечних предметів, дає змогу зменшити витрати на їх пошук та ідентифікацію, зменшити кількість жертв серед цивільного населення та військовослужбовців, пошкодження майна та зразків озброєння та військової техніки [10, 11]. Серед такої техніки для розмінування можна виділити три основні групи, що наведені на рис. 1.8.



Рис. 1.8. Види техніки для розмінування (рисунок автора)

1.3.2. Машини для розмінування

Машина для розмінування – це спеціалізована техніка, яка використовується для виявлення та знищення мін та інших вибухонебезпечних предметів. Сапер за добу може розмінувати близько 100м², машини тим часом – 3000–5000 м². На сьогоднішній день найрозповсюдженішими є наступні.

Armtrac (Велика Британія). До цього сімейства входять такі моделі як: Armtrac 20T C-IED Robot Mk2, Armtrac 75T-230, Armtrac 100-350, Armtrac 400.

Armtrac (рис.1.9) – це гнучкий, економічно ефективний малий (важкий) безпілотний наземний транспортний засіб з дистанційним керуванням. Його можна оснастити різноманітними наборами інструментів, включаючи молот для розмінування або румпель, а також задню роботизовану руку з різними насадками. Під час операцій систему детектора можна встановити спереду, а руйнівник можна встановити на задній кронштейні машини [19, 11].



Рис.1.9. Робот Armtrac (Armtrac 75T-230) [11]

ASFAT MEMATT (Туреччина). Механічну машину для розмінування MEMATT (рис. 1.10) розроблено з використанням новітніх технологій для розмінування протипіхотних і протитанкових мін на різних типах полів. Ця машина вже використовується на багатьох сильно забруднених мінних полях по всьому світу. Система має дистанційне керування з радіусом дії понад 5000 м, 360-градусним оглядом зверху, захищеним від пилу та простим у використанні компактним і потужним інтерфейсом контролера. Машину також легко транспортувати різними транспортними засобами, вона легка у

використанні для різних цілей і проектів завдяки своїй модульній конструкції та проста у обслуговуванні [11].



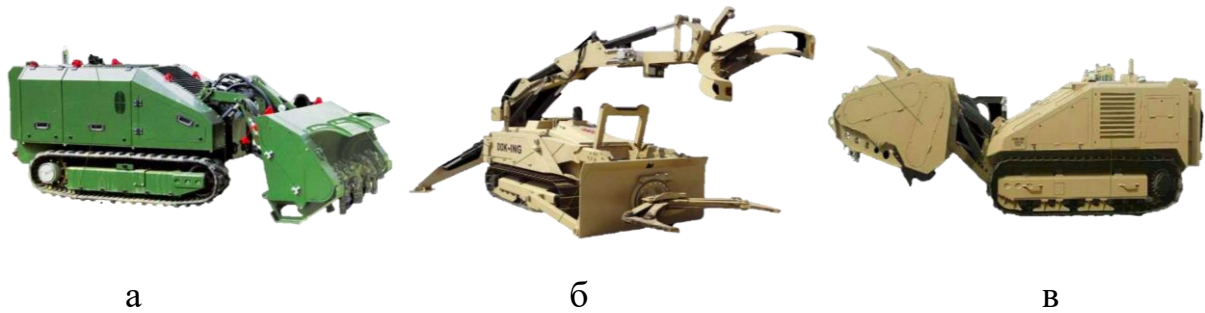
Рис. 1.10. ASFAT MEMATT [28]

DOK-ING (Хорватія). До сімейства цих машин для розмінування входять моделі: DOK-ING MV-2, DOK-ING MV-4, DOK-ING MV-10.

MV-2 (рис.1.11) розроблено та створено як відповідь на загрози, що постійно розвиваються, як у гуманітарному, так і в бойовому середовищі. Базуючись на великому досвіді та вивченні потреб партнерів DOK-ING по всьому світу, її характеристики поєднують невеликі розміри, велику потужність і маневреність, що робить MV-2 ідеальною системою для використання на суворій місцевості з важким доступом [11].

MV-4 є однією з найкращих у світі роботизованих систем легкої категорії для розмінування. Його низький профіль і міцна конструкція робить його стійким до всіх детонацій протитанкових мін і нерозірваних боєприпасів подібної інтенсивності [11].

MV-10 є єдиною у світі роботизованою системою з подвійним інструментом: спереду розташованим молотом інструментом, а потім ззаду – румпелем. Крім того, завдяки високій потужності двигуна та високій вибухостійкості MV-10 є найпотужнішою системою у своїй категорії [20].



а

б

в

а – MV-2; б – MV-4; в – MV-10

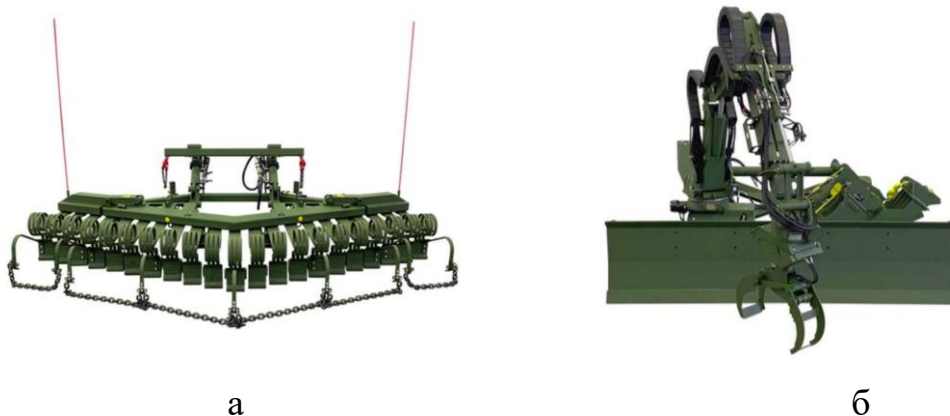
Рис. 1.11. Машины для розмінування DOK-ING [20]

Машины є однією з найрозповсюджених технологій для розмінування, вони мають можливість до швидкого розмінування великих відкритих територій, але мають і свої недоліки. Основний з них – це можливість розмінувати лише відкриті ділянки, такі як поля (ще краще якщо вони без пагорбів), тому машина не зможе розмінувати ліси, чи ділянки з будівлями, де частіше за все й встановлюються протипіхотні міни.

1.3.3. Навісне обладнання для розмінування

Навісне обладнання – це пристосування, які можна встановити на навантажувач замість стандартних, і таким чином розширити функціональні можливості пристрою, в нашому випадку пристрою для розмінування [22].

Основні сімейства обладнання для розмінування це GCS (Швейцарія) та Armtrac (Англія) [11]. На рис. 1.12 наведені приклади деяких з них.



а

б

Рис. 1.12. GCS Surface threats remover (а), GCS Dozer blade manipulator (б) [11]

Однак навісне обладнання не є повноцінним засобом для розмінування, а використовується лише як допоміжне для машин або подібної великої техніки для розмінування, що розширює їх функціонал.

1.3.4. Роботи для розмінування

Роботи для розмінування – це невелика за розміром техніка, яка використовується для точкового виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів будь-якого типу. Зазвичай робот керується дистанційно за допомогою пульта керування або іншого пристрою.

MED-ENG (Канада). До цього сімейства входять: MED-ENG Avenger 2.0, MED-ENG Avenger LT, MED-ENG Digital Vanguard-S, MED-ENG ROV Integrated Sensor Suite (рис. 1.13).

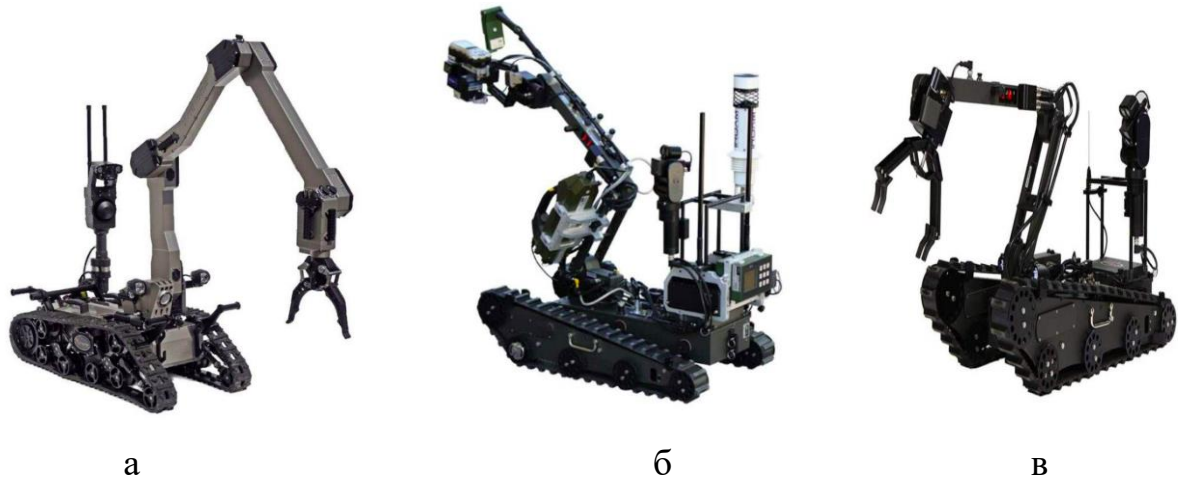
Це все машини середнього розміру з можливостями більшого безпілотного наземного транспортного засобу, спроектовані і виготовлені для виконання наступних завдань:

- знешкодження мін;
- знешкодження бомб громадської безпеки;
- захист від зброї масового ураження;
- тактичні операції.

Особливості таких роботів:

- міцний, легкий і інтуїтивно зрозумілий контролер для ноутбука;
- тривалість місії від 2 до 4+ годин (залежно від місії);
- модульна конструкція для оптимізації місії та польового ремонту;
- два незалежних контури стрільби;
- додаткові порти введення/виведення, що дозволяють підключати обладнання сторонніх виробників;
- рука-маніпулятор з 5 ступенями свободи та із додатковою телескопічною рукою;
- підйом/спуск по сходах, кут яких перевищує 45° (залежно від тяги);
- Компактне зберігання для транспортування [11, 21].

Приклади деяких моделей надано на рисунку 1.12.



а – MED-ENG Avenger 2.0; б – Avenger і Digital Vanguard-S; в – MED-ENG Digital Vanguard-S

Рис. 1.13. Роботи сімейства Avenger [11]

CALIBER FLEX (Канада). Найрозумніший робот у сімействі CALIBER є робот CALIBER FLEX (рис.1.14). Робот має наступні характеристики:

- гнучку і точну систему управління;
- IP Mesh (тип передачі інформації від робота на систему управління);
- нові та вдосконалені лазери з інтегрованим датчиком відстані;
- 2-швидкісні камери і маніпулятор;
- одночасне керування;
- командний блок управління для керування роботом;
- 3-D аватар з позиційним зворотним зв'язком в реальному часі та попередніми налаштуваннями для автоматичного управління маніпулятором;
- багатофункціональний джойстик зі змінною швидкістю;
- швидкозмінні свинцево-кислотні акумулятори, що перезаряджаються;
- пересувається за допомогою 3-швидкісної системи приводу;
- піднімає вантаж до 36 кг;
- обертається на 360 градусів;
- має 25 см отвір захвату;

- вбудований LIDAR для вимірювання відстані з подвійним кріпленням для руйнівника;
- 6 кольорових камер;
- 2 прицільні зелені лазери [30].



Рис. 1.14. Робот для розмінування CALIBER FLEX [30]

На основі існуючих рішень ми визначили переваги та недоліки роботехнічних систем для розмінування, які зведені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Порівняння існуючих рішень (створено автором)

Переваги	Недоліки
Безпека для оператора	Висока ціна
Зручність у використанні, не має обмежень у місцевості для розмінування	Обмеження у часі роботи, часу доби, відстані використання, тощо.
Прискорює процес розмінування	
Може знаходити міни будь-якого типу	

Таким чином ми проаналізувавши існуючі рішення і прийшли до висновку, що необхідна роботехнічна система, що матиме всі можливості існуючих рішень, але буде недорогою у виготовленні та здатна працювати незалежно від часу доби та освітлення. Тому саме така роботехнічна система для розмінування вкрай необхідна сучасній Україні.

РОЗДІЛ 2

СКЛАД ТА ПРИНЦИП ДІЇ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Функціональна схема запропонованої системи

У першому розділі цієї роботи показано, що Україні необхідна відносно недорога та ефективна робототехнічна система для розмінування. На підставі аналізу вже існуючих рішень ми прийшли до висновку, що вся робототехнічна система повинна мати частини надані на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Узагальнений склад системи, що пропонується (рисунок автора)

У відповідності до рис. 2.1, наша система буде складатися з: засобу для пересування (рушія), засобів для знаходження та демонтажу вибухонебезпечних предметів та засобу для комунікації робота з людиною. Розглянемо ці елементи детально.

2.2. Засіб для пересування

У якості засобу для пересування було обрано гусениці, як найкращий засіб для ефективного пересування по нерівним поверхням. Гусениці мають

здатність до деформації, а саме до здатності робота підніматись на своїх гусеницях трохи вгору, для подолання пагорбів. Підйом виконується за рахунок зупинення переднього мотора та спрацювання заднього, потім задній зупиняється а передній спрацьовує. Повну 3-Д модель гусениць показано на рис. 2.2.

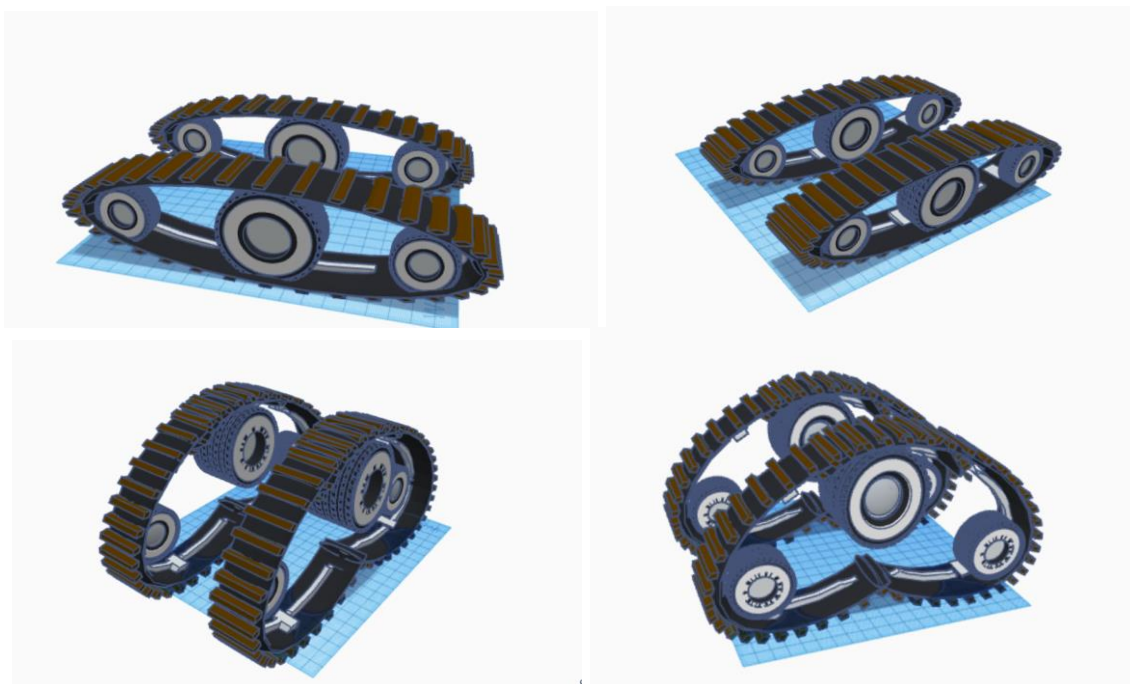


Рис. 2.2. 3-Д модель гусениць (рисунок автора)

Самі гусениці складаються з двох моторів кожна та драйверу для них. Принципова і наочна схеми надані на рис. 2.3 і 2.4.

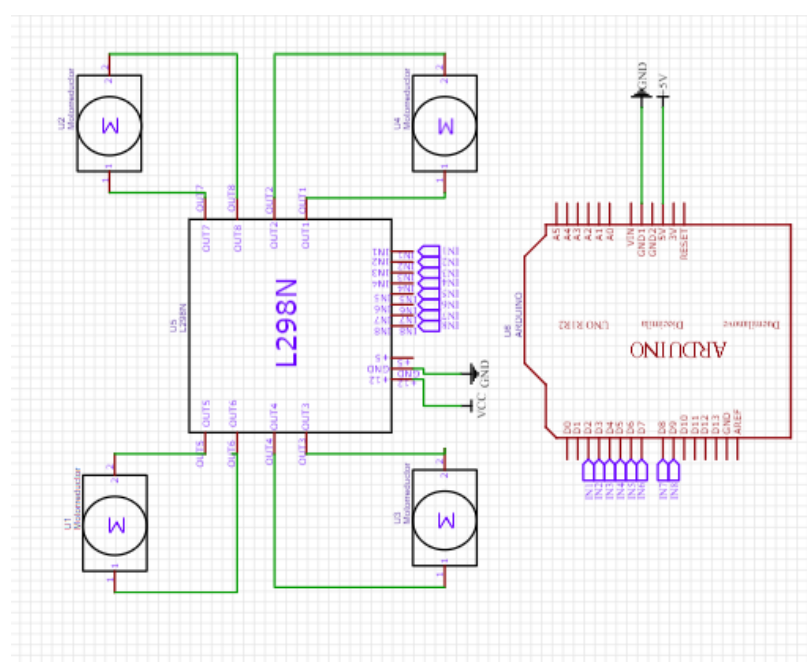


Рис. 2.3. Принципова схема системи приводу гусениць (рисунок автора)

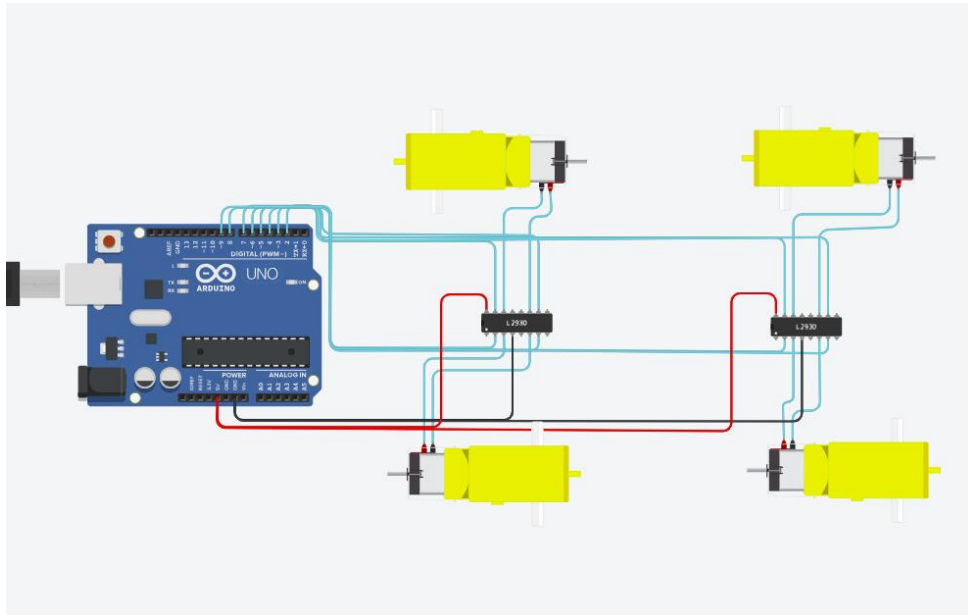


Рис. 2.4. Наочна схема системи приводу гусениць (рисунок автора)

Також розроблений макет платформи з гусеницями (рис. 2.5) і код для керування ними. У макеті використовувались мотори з редуктором і драйвер LN298. Код для керування гусеницями наданий в додатку А.

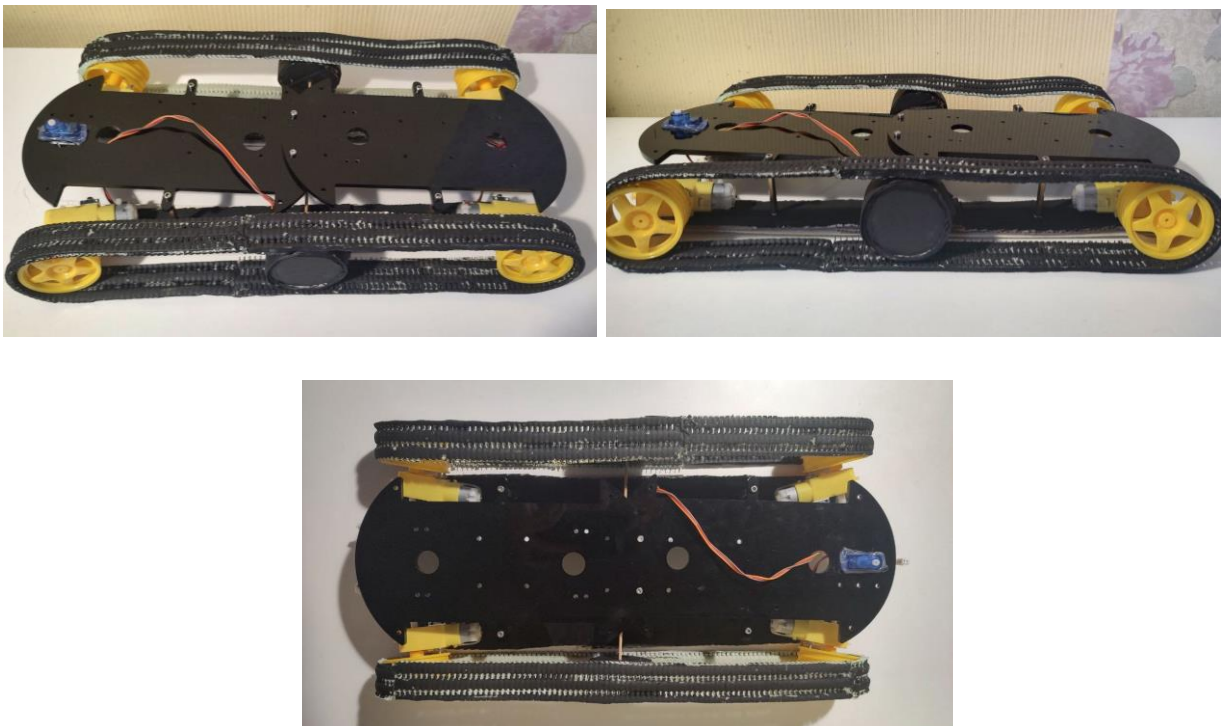


Рис. 2.5. Макет платформи з гусеницями (фото автора)

2.3. Засоби для знаходження та демонтажу мін

Проаналізувавши існуючі рішення щодо методів знаходження вибухонебезпечних предметів, ми прийшли до висновку що найкращим варіантом буде поєднання металодетектора та тепловізора. Тепловізійна камера є основним засобом для знаходження вибухонебезпечних предметів, а наявність металодетектора не лише допоможе ефективніше виявляти міни, а й допоможе у знаходженні снарядів, боєприпасів, уламків ракет, тощо. Також тепловізор з металодетектором є найдешевшими відносно інших засобів.

Тепловізійна камера. Тепловізор використовуватиме як основний спосіб для знаходження. Так як міни нагріваються швидше ніж навколишнє середовище, то і їх тепловий фон відрізняється від навколишнього середовища, тому навіть взимку буде різниця між температурами. А оскільки тепловізор може бачити різницю навіть до сотих градусів, то відрізнити міну від навколишнього середовища буде нескладно. У нашій роботехнічній системі буде використовуватись монокуляр IRay Xeye E3 Pro, що має наступні характеристики (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Характеристики IRay Xeye E3 Pro [12]

Об'єктив	35/F1.0
Тип матриці	VOx
Розділення матриці	384×288
Оптичне збільшення	1×
Цифрове збільшення	2×/4×
Поле зору	10°×8°
Дистанція виявлення	2200 м
Час роботи від однієї батареї, год	8
Обмеження роботи по часу доби	немає
Габарити	170×65×65 мм
Вага	350гр

Тепловізійна камера буде мати можливість оберту на 180 градусів за рахунок спеціально розробленого кріплення, що показано на рис. 2.6.

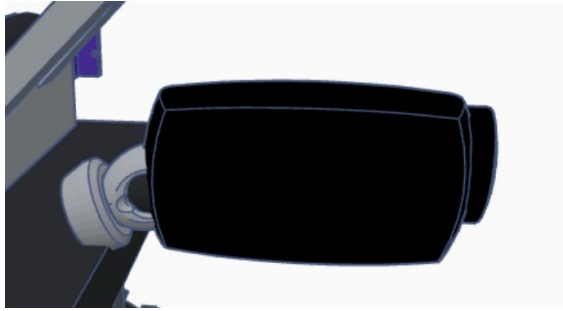


Рис. 2.6. 3-Д модель тепловізійної камери з рухомим кріпленням
(рисунок автора)

Металодетектор. Як вже згадувалося, для допоміжного засобу для виявлення вибухонебезпечних предметів було обрано металодетектор. Так як всі вибухонебезпечні предмети мають метал у своєму складі, то металодетектор буде фіксувати його наявність та передавати відповідний сигнал на екран піротехніка. Це пришвидшить процес пошуку вибухонебезпечних предметів.

У нашій роботі пропонується використовувати ґрунтовий металодетектор. Його 3-Д модель розташування на роботі надана на рис. 2.7, а наочна та принципова схеми надані на рис. 2.8.

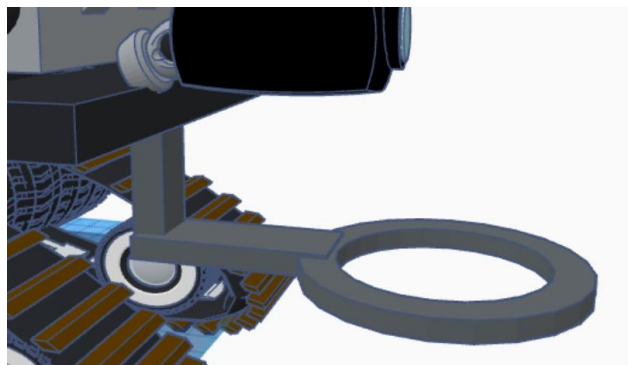


Рис. 2.7. 3-Д модель металодетектора (рисунок автора)

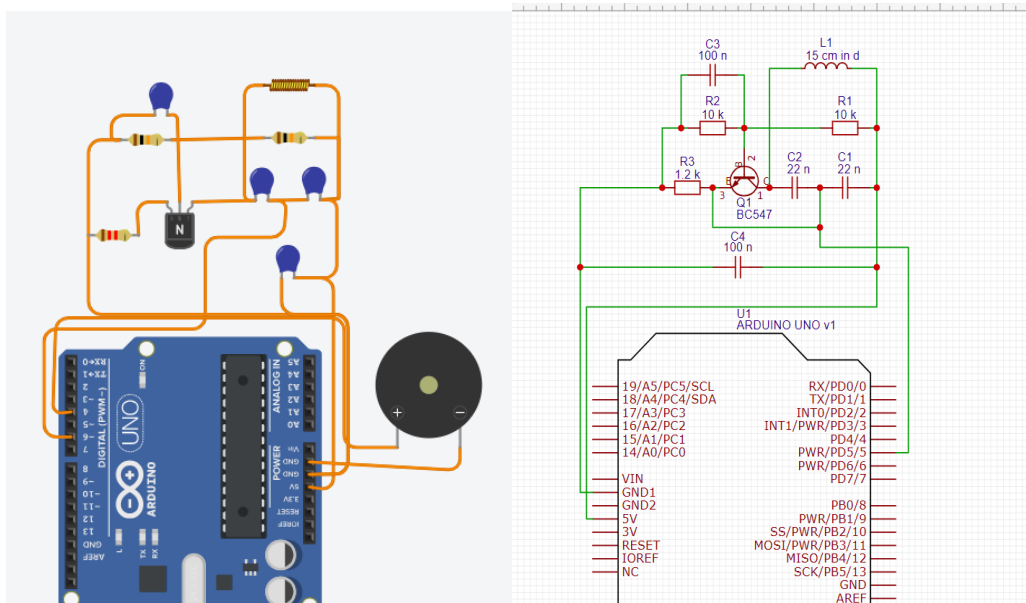


Рис. 2.8. Наочна та принципова схеми металодетектора (рисунок автора)

Також було зроблено діючий макет металодетектора (рис. 2.9) і розроблено код для нього. Для макету використовується котушка індуктивності, п'єзокерамічний випромінювач, резистори, конденсатори і транзистор. Код для роботи металодетектора наданий в додатку Б.

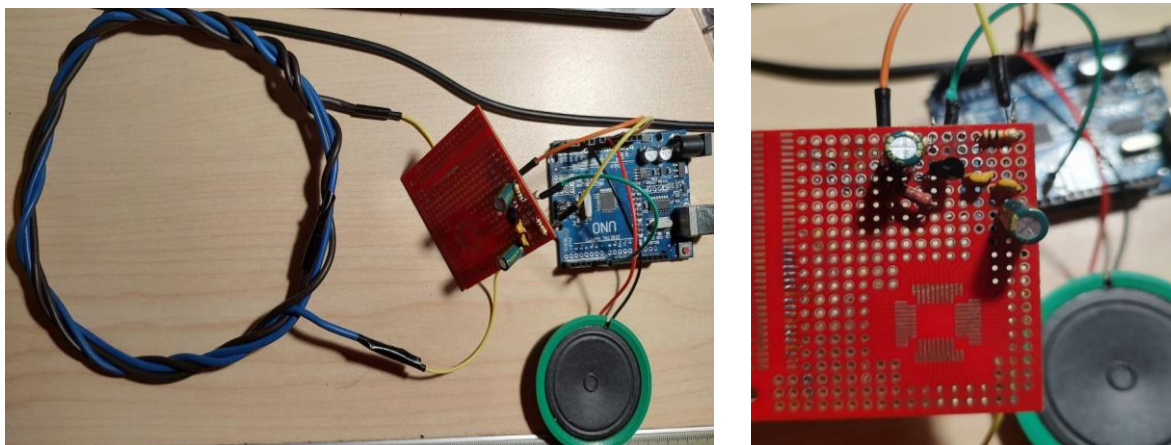


Рис. 2.9. Макет металодетектора (фото автора)

2.4. Засіб для демонтажу мін

Для демонтажу мін було обрано руку-маніпулятор. Маніпулятор складається з трьох частин. Перша це клішні, які можуть брати та пересувати предмети. Друга і третя – це ланки маніпулятора, що забезпечують клішні

необхідні положення та орієнтацію. Рух ланок маніпулятора забезпечується сервоприводами. Повна 3-Д модель маніпулятора показана на рис. 2.10.

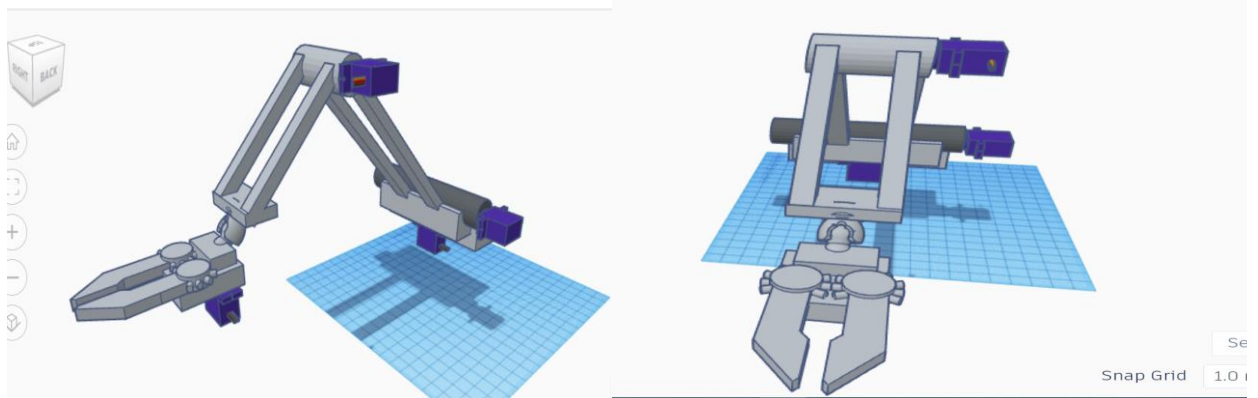


Рис. 2.10. 3-Д модель маніпулятора (рисунок автора)

Принципова та наочна схеми маніпулятора наведені на рис. 2.11 та 2.12.

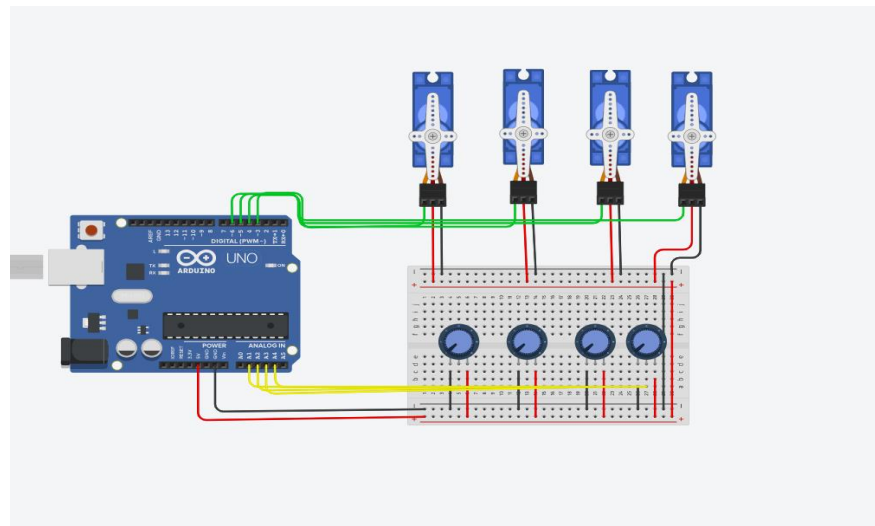


Рис. 2.11. Наочна схема маніпулятора (рисунок автора)

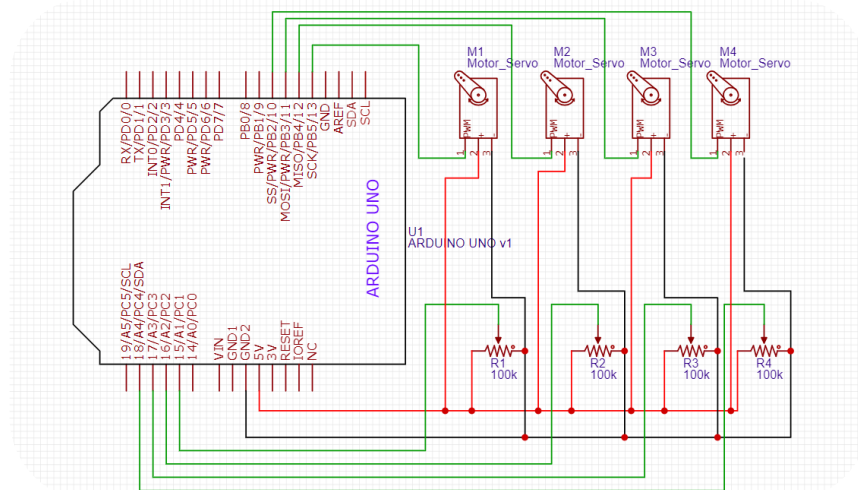


Рис. 2.12. Принципова схема маніпулятора (рисунок автора)

На рис. 2.13 показано макет маніпулятора, для нього використовувались сервоприводи, та власноруч надруковані деталі.

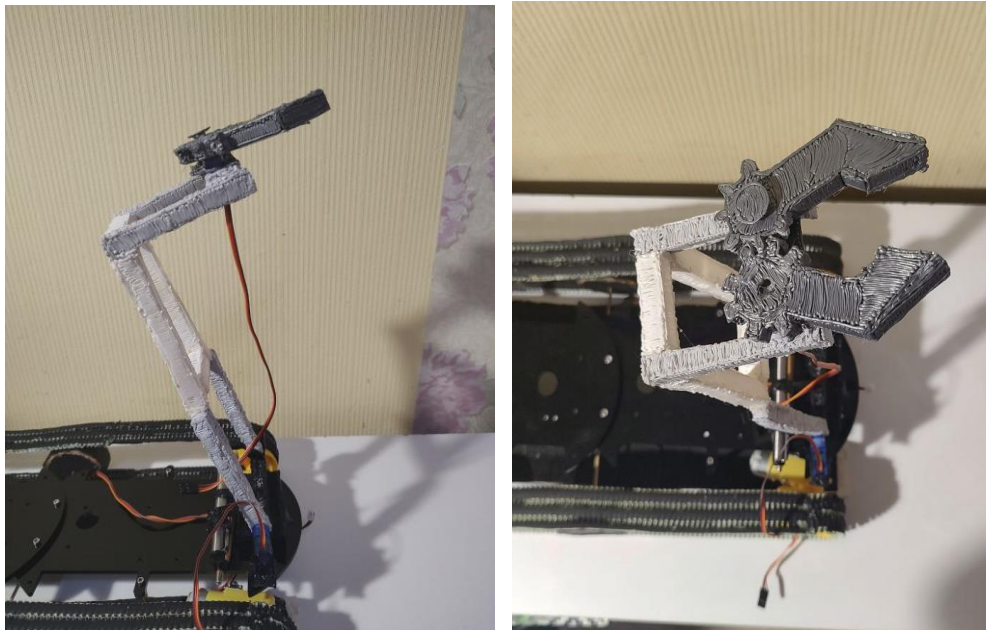


Рис. 2.13. Макет маніпулятора (фото автора)

Код для керування маніпулятором наданий в додатку В.

2.5. Допоміжні частини робота

Також робот має допоміжні частини для кращого функціонування робота.

До таких входять:

- звичайна камера для огляду місцевості з можливістю обертання на 180°;
- GPS модуль для передачі геолокації оператору робота, оператор зможе відмічати знайдені міни на карті якщо зараз розмінування з якихось причин неможливе, або для позначення розмінованого місця;
- радіо модуль для передачі інформації від робота на комунікаційний пристрій: робот зможе працювати на відстані 200-300 м від оператора; в даній роботі використовується радіо модулі NRF 24;
- блок живлення;
- мікропроцесорний пристрій керування; в нашій роботі для перевірки працездатності рішень використана плата швидкого прототипування Arduino.

2.6. Засіб комунікації

Комунікація з роботом буде відбуватись дистанційно. Пристрій комунікації складається з: екрану для виводу зображень зі звичайної та тепловізійної камер та карти геолокації, з клавіатури для допоміжних дій на екрані, з трьох джойстиків для керування гусеницями, та поворотом двох камер та джойстиків для керування маніпулятором. На рис. 2.14 надана повна принципова схема підключення всіх елементів системи.

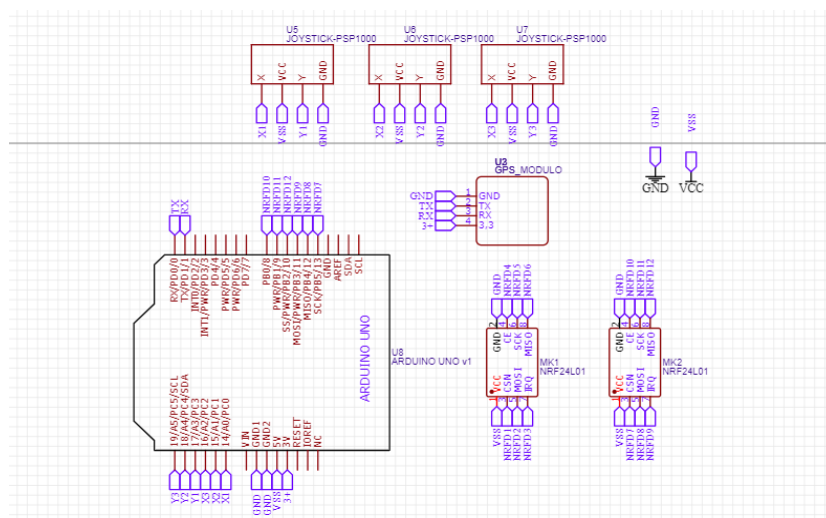


Рис. 2.14. Повна принципова схема засобу комунікації (рисунок автора)

На рис. 2.15 і 2.16 надано 3-Д модель комунікаційного пристрою та приблизний інтерфейс піротехніка.

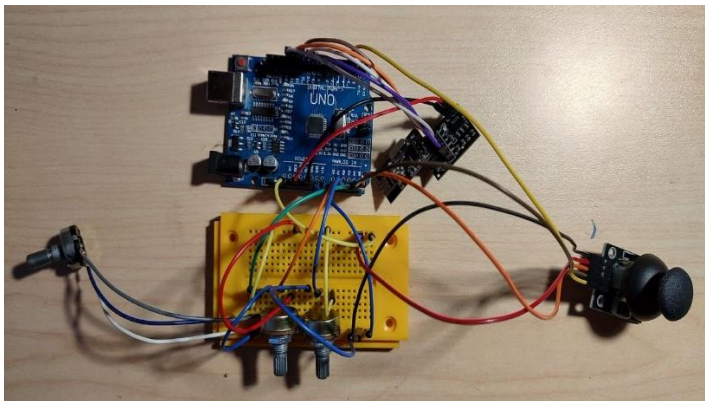


Рис. 2.15. 3-Д модель комунікаційного пристрою (рисунок автора)



Рис. 2.16. Інтерфейс піротехніка (рисунок автора)

Макет, що моделює роботу засобу комунікації, надано на рис. 2.17. Для нього використовувались плата Arduino Uno, джойстик, три потенціометри, радіо-модуль NRF24. На рис. 2.18 наведено оформлення засобу для комунікації.



а



б

Рис. 2.17. Макет засобу комунікації (фото автора):

а – склад; б – зовнішній вигляд

2.7. Остаточна конструкція робота

Отже, ми визначили окремі елементи нашого робота. Його повну 3-Д модель зображена на рис. 2.18, а макет самого робота – на рис. 2.19.



Рис. 2.18. Повна 3-Д модель робота (рисунок автора)

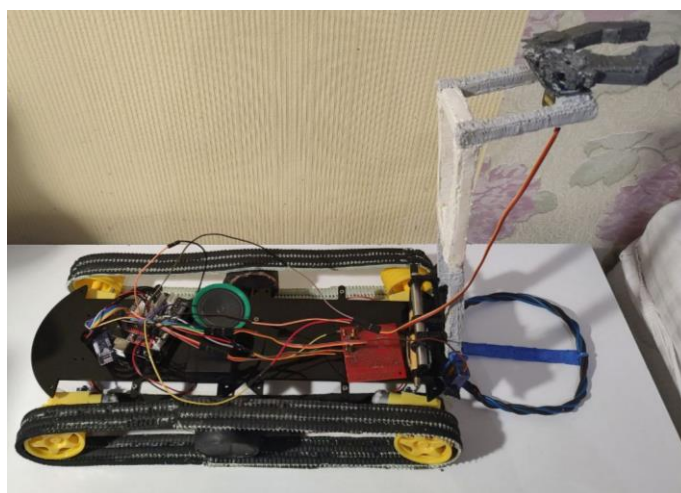
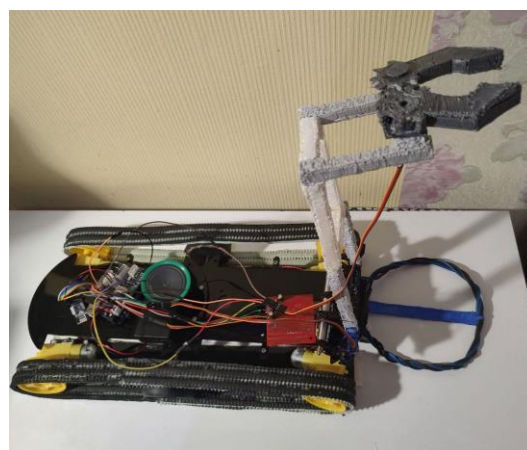
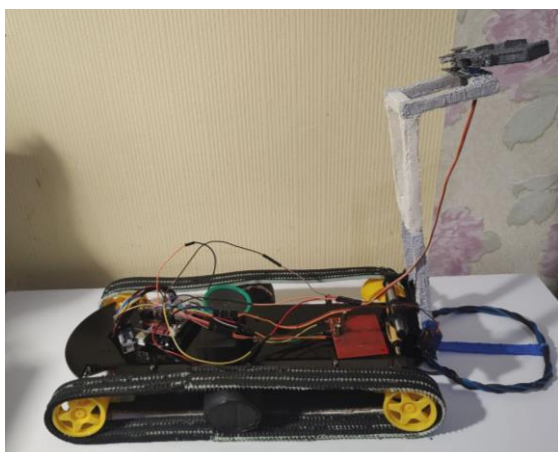


Рис. 2.19. Макет робота (фото автора)

На рис. 2.20 надано схему підключення робота з комунікаційним пристроєм.

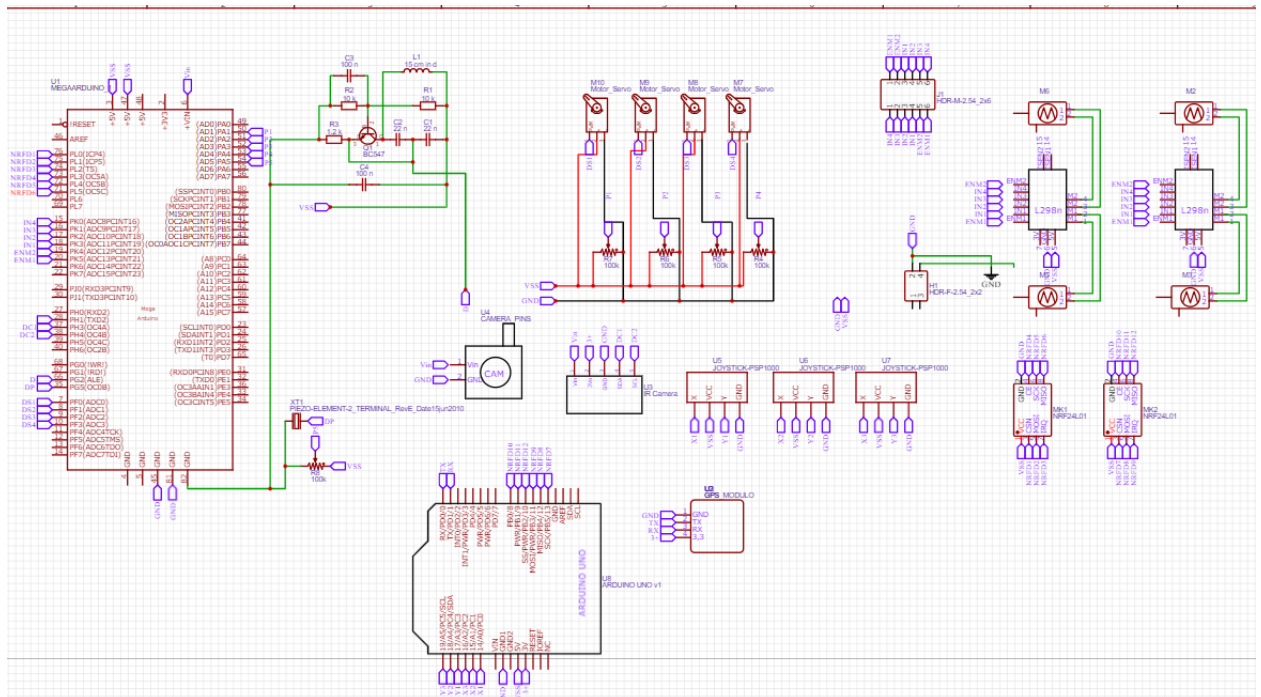


Рис 2.20. Схема підключення елементів (рисунок автора)

Повний код для роботи та комунікаційного пристрою наданий в додатках 4 і 5.

Експериментальні дослідження з макетом виявили його ефективність при виявленні металевих предметів та маніпулювання з ними, отже запропоновані рішення можуть стати основою для розробки та промислового виготовлення відносно недорогих та ефективних робототехнічних систем для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

ВИСНОВКИ

В роботі обґрунтовано перспективність використання для розмінування території України спеціальних робототехнічних систем. Найкращі системи закордонного виробництва є достатньо ефективними, але значно дорогими. Тому необхідна розробка вітчизняної системи, що матиме необхідний функціонал, але будуть відносно недорогими.

На підставі аналізу існуючих рішень щодо дистанційного виявлення вибухонебезпечних предметів, зроблено висновок про необхідність використання тепловізора і металодетектора як мінімально необхідного набору засобів для робототехнічної системи, що пропонується.

Запропонована структура робототехнічної системи для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів, що складається з засобу для пересування робота, засобів для знаходження та демонтажу вибухонебезпечних предметів та засобу для комунікації робота з людиною.

Обрано технічні засоби для реалізації моделі системи.

Розроблений діючий макет та програмне забезпечення для запропонованої системи. Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність запропонованих рішень, тому вони можуть стати основою для розробки та промислового виготовлення відносно недорогих та ефективних робототехнічних систем для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Результати роботи були апробовані на VIII Обласній учнівській науково-практичній конференції Харківського територіального відділення Малої академії наук України та науково-практичному семінарі до дня дітей-винахідників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Величко Р. Методики розмінування: різноманітність підходів до мінної загрози. *MILITARNYI*. URL: <https://mil.in.ua/uk/blogs/metodyky-rozminuvannya-raznomanitnist-pidhodiv-do-minnoyi-zagrozy/> (дата звернення: 18.09.2023).
2. Як виявляють і знешкоджують міни - BBC News Україна. *BBC News Україна*. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/vert-fut-39698204> (дата звернення: 18.09.2023).
3. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Україна одна з найбільш замінованих країн у світі: як убезпечити себе. 2023. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-odna-z-naibilsh-zaminovanykh-krain-u-sviti-iak-ubezpechyty-sebe>(дата звернення 18.09.2023)
4. Губар С.В Т. І., Гайовий О.О. Аналіз сучасних засобів підриву, що застосовуються для знищення вибухонебезпечних предметів в ході гуманітарного розмінування. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/16131/1/Теза%20НПК%20ТЕБтаНС%202022_Толкунов.pdf (дата звернення: 04.10.2023).
5. Протипіхотні міни: скільки жертв в Україні та світі. Слово і Діло. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/11/16/infografika/suspilstvo/protypixotni-miny-skilky-zhertv-ukrayini-ta-sviti> (дата звернення: 04.10.2023).
6. Степанчук С. О. Механізоване розмінування. Current and youth ways of solving the problems of world science. 2023. С. 114. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8303/Current-and-youth-ways-of-solving-the-problems-of-world-science.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 04.10.2023).
7. Кобець М.В. , Щенко А. І. Засоби і методи виявлення вибухових речовин та пристроїв у боротьбі з тероризмом. Київ, 2005. URL: <https://elar.naiu.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/81b1d047-2b45-4fad-ae04-8a533fd2edda/content> (дата звернення: 16.10.2023).
8. Тепловізор – Вікіпедія. Вікіпедія. 2007. URL:

<https://uk.wikipedia.org/wiki/Тепловізор> (дата звернення: 16.10.2023).

9. Абрамович А. О. Радіолокаційно-вихрострумний георадар. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/8c9fb11e-0bcf-4a45-aa34-a3e4177deaca/content> (дата звернення 16.10.2023)

10. Кирпота Ф. В. , Янушкевич Д. А. Роботизовані системи та їх застосування у гуманітарному розмінуванні. Харків, 2021. С. 106. URL: https://mf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-MECHANIC/Автоматизації_та_комп'ютерно-інтегрованих_технологій/publications/Матеріали_KIT_2021.pdf#page=106 (дата звернення: 16.10.2023).

11. База знань | Міношукачі Україна. Міношукачі Україна. URL: <https://wiki.minoshukach.com.ua/wiki/> (дата звернення: 16.10.2023)

12. Маслова С.М. Ринок тепловізорів в Україні. 2021. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/47756/1/EAIPП_2021%20-%20Page%2053-56.pdf (дата звернення: 21.10.2023).

13. Гончар В.К., Золотар О.В. Знряддя та прилади пошукової техніки: Навч.-метод. посібник. – К.: НАВСУ, 2001. – 76 с. (дата звернення: 21.10.2023).

14. Скорлупін О.В. Аналіз методів та технологій виявлення вибухонебезпечних предметів та подальшого гуманітарного розмінування. Харків. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/5831452c-578d-4dcb-aadd-5ea511a2e057/content> (дата звернення: 21.10.2023)

15. Кобець М.В. Технічні засоби пошуку у правоохоронній діяльності. 2016. URL: <https://elar.naiu.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/442ed074-23a1-4913-9958-f18f015df3ba/content> (дата звернення: 22.10.2023).

16. Приходько Ю. П. Деякі аспекти техніко-криміналістичного забезпечення розслідування кримінальних правопорушень, пов'язаних із використанням вибухових матеріалів. Криміналістичний вісник. 2022. URL:

<https://visnyk.dndekc.mvs.gov.ua/index.php/visnuk/article/view/182/123> (дата звернення: 22.10.2023).

17. Засоби виявлення знарядь та предметів злочинів. URL: https://arm.nai.au.kiev.ua/books/insp_krym/technique/forensic_technique3.html (дата звернення: 22.10.2023).

18. Божук А. М. Рентгенотелевізійна система на основі зворотно розсіяного випромінювання. Київ, 2021. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a3043030-1fd0-4554-a1f8-99554cb87568/content> (дата звернення: 22.10.2023).

19. Продукція Armtrac Україна | Обладнання для розмінування та утилізації боєприпасів - Armtrac Великобританія. Головна Armtrac Україна | Обладнання для розмінування та утилізації боєприпасів - Armtrac Великобританія. URL: <https://armtrac.com.ua/products.html> (дата звернення: 22.10.2023).

20. Defence & Security - DOK-ING. DOK-ING. URL: <https://dok-ing.hr/defence-security/> (дата звернення: 25.11.2023).

21. Med-Eng. Med-Eng. URL: <https://www.med-eng.com/> (дата звернення: 25.10.2023).

22. Навісне обладнання для навантажувачів: його види та конструктивні особливості. Ustkiev.com. URL: <https://ustkiev.com/navesnoe-oborudovanie-dlya-pogruzchikov-ego-vidy-i-konstruktivnye-osobennosti> (дата звернення: 25.10.2023).

23. Металошукач ґрунтовий Garrett GTI 1500. Товари та послуги захисту інформації та шифрування. Аудит інформаційної безпеки. URL: <https://yug.com.ua/metalloiskatel-gruntoviy-garrett-gti-1500.html> (дата звернення: 25.10.2023).

24. Прилади оглядові серії «ПОШУК ОП-1». URL: <http://forensic.kiev.ua/uk/inspection-devices-series-poshuk-op-1.6X6zF2/> (дата звернення: 27.10.2023).

25. Детектор контрабанди. URL: <http://es->

trade.kiev.ua/ua/buster_k910b.6X6rB6/ (дата звернення: 27.10.2023).

26. Тепловізор INFIRAY (iRay) XEYE 2 E6 PRO V3. URL: <https://topoptics.com.ua/teplovizor-infiray-iray-xeye-2-e6-pro-v3/> (дата звернення: 27.10.2023).

27. Георадар Leica DS2000-4. URL: <https://www.ltrade.com.ua/product/georadar-leica-ds2000/> (дата звернення: 27.10.2023).

28. Defense Here. MEMATT: Turkey's remote-controlled mine clearance vehicle. Defense Here. 2021. URL: <https://www.defensehere.com/en/mematt-turkeys-remote-controlled-mine-clearance-vehicle> (дата звернення: 27.10.2023).

29. Розмінування та відновлення землі. Як Україна очищує деокуповані території та скільки для цього потрібно грошей та часу – Delo.ua. URL: <https://delo.ua/agro/rozminuvannya-ta-vidnovlennya-zemli-yak-ukrayina-ocishhuje-deokupovani-teritoriyi-ta-skilki-dlya-cyogo-potribno-grosei-ta-casu-416191/> (дата звернення: 27.10.2023).

30. CALIBER® FLEX - ICOR Technology - Tactical & Security Robotics Products. ICOR Technology - Tactical & Security Robotics Products. URL: <https://icortechology.com/robots/caliber-flex/> (дата звернення: 27.10.2023).

ДОДАТКИ

Додаток А

Код для гусениць

```
#define ENA 5
#define ENB 6
#define IN1 7
#define IN2 8
#define IN3 9
#define IN4 11

void forward() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
  delay(100);
}
void backward() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  delay(1000);
}
void left() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
  delay(1000);
}
void right() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}
void stop() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}
void setup() {

  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);

  analogWrite(ENA, 255);
  analogWrite(ENB, 255);
}
```

Код для металодетектора

```

#define soundPin 12
#define resetPinGND 2
#define resetPin 3
#define switchPinGND 9
#define switchPin 10
#define sens 6

#define SET(x,y) (x |= (1<<y))
#define CLR(x,y) (x &= (~(1<<y)))
#define CHK(x,y) (x & (1<<y))
#define TOG(x,y) (x ^= (1<<y))

float koef = 0.5;
unsigned long t0 = 0;
unsigned long last_step;
int t = 0;
unsigned char tflag = 0;
float clf;
int v0 = 0;
float f = 0;
unsigned int FTW = 0;
unsigned int PCW = 0;
unsigned long timer = 0;
SIGNAL(TIMER1_COMPA_vect)
{
    OCR1A += 1000;
    t = micros() - t0;
    t0 += t;
    tflag = 1;
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(soundPin, OUTPUT);
    pinMode(resetPin, INPUT_PULLUP);
    pinMode(resetPinGND, OUTPUT);
    digitalWrite(resetPinGND, 0);
    pinMode(switchPin, INPUT_PULLUP);
    pinMode(switchPinGND, OUTPUT);
    digitalWrite(switchPinGND, 0);

    TCCR1A = 0;
    TCCR1B = 0x07;
    SET(TIMSK1, OCF1A);
}

float absf(float f)
{
    if (f < 0.0)
        return -f;
    else

```

```

    return f;
}

void loop() {
  if (tflag) {
    Serial.print("$");
    Serial.print(f);
    Serial.println(";");

    if (digitalRead(switchPin) == default_mode) {
      if (!digitalRead(resetPin))
        v0 = t;
    } else {
      if (millis() - last_step > 300) {
        last_step = millis();
        v0 = v0 * koef + (1 - koef) * t;
      }
    }
    f = f * 0.85 + absf(t - v0) * 0.15;
  }
  if (sound) {
    if (millis() > timer) {
      timer += 10;
      PCW += FTW;
      if (PCW & 0x8000)
      {
        digitalWrite(13, HIGH);
        PCW &= 0x7fff;
      }
      else
        digitalWrite(13, LOW);
    }
  } else {
    if (millis() > timer) {
      timer += 10;
      PCW += FTW;
      if (PCW & 0x8000)
      {
        PCW &= 0x7fff;
        tone(soundPin, 3000, 30);
        delay(20);
        noTone(soundPin);
      }
      else
        noTone(soundPin);
    }
  }
}

```

Код для маніпулятора

```
#include <Servo.h>

Servo myservo1;
Servo myservo2;
Servo myservo3;

int potpin1 = 1;
int potpin2 = 2;
int potpin3 = 3;

int val;

void serv1() {
  val = analogRead(potpin1);
  val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
  myservo1.write(val);
  delay(15);
}
void serv2() {
  val = analogRead(potpin2);
  val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
  myservo2.write(val);
  delay(15);
}
void serv3() {
  val = analogRead(potpin3);
  val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
  myservo3.write(val);
  delay(15);
}

void setup() {
  myservo1.attach(5);
  myservo2.attach(6);
  myservo3.attach(3);
}

void loop() {
  serv1();
  serv2();
  serv3();
}
```

Код для засобу комунікації

```

include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
RF24 radio(9, 10);
#define potent_pin A3
#define potent_pin1 A2
#define potent_pin2 A4
int myarray[2];

byte address[][6] = {"1Node", "2Node", "3Node", "4Node", "5Node",
"6Node"};

byte counter;

void setup() {
  pinMode(potent_pin, INPUT);
  //pinMode(potent_pin1, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();

  radio.enableAckPayload();
  radio.setPayloadSize(32);

  radio.openWritingPipe(address[0]);
  radio.setChannel(0x60);

  radio.setPALevel (RF24_PA_MAX);
  radio.setDataRate (RF24_1MBPS);
  radio.powerUp();
  radio.stopListening();
}

void loop(void) {
  int Y = analogRead(pinY);
  myarrayy[0]= Y;
  int X = analogRead(pinY);
  myarrayx[0]= X;
  radio.write(myarrayy, sizeof(myarrayy));
  radio.write(myarrayx, sizeof(myarrayx));

  int A2 = analogRead(potent_pin1);
  myarrayp1[0]= A2;
  int A3 = analogRead(potent_pin);
  myarrayp[0]= A3;
  int A4 = analogRead(potent_pin2);
  myarrayp2[0]= A4;
  radio.write(myarrayy, sizeof(myarrayp));
  radio.write(myarrayx, sizeof(myarrayp1));
  radio.write(myarrayx, sizeof(myarrayp2));
  delay(100);
}

```


Повний код для робота

```

#include <Servo.h>

Servo myservo1;
Servo myservo2;
Servo myservo3;

#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

RF24 radio(9, 10); // "создать" модуль на пинах 9 и 10 Для Уно

byte address[][6] = {"1Node", "2Node", "3Node", "4Node", "5Node",
"6Node"}; // возможные номера труб
int myarray[2];
int PWMA=5;
int AIN1=7;
int AIN2=8;
int BIN1=9;
int BIN2=11;
int PWMB=6;
int speeds=255;
int val;
#define soundPin 12
#define resetPinGND 2
#define resetPin 3
#define switchPinGND 9
#define switchPin 10
#define sens 6

#define SET(x,y) (x |= (1<<y))
#define CLR(x,y) (x &= (~ (1<<y)))
#define CHK(x,y) (x & (1<<y))
#define TOG(x,y) (x ^= (1<<y))

float koef = 0.5;
unsigned long t0 = 0;
unsigned long last_step;
int t = 0;
unsigned char tflag = 0;
float clf;
int v0 = 0;
float f = 0;
unsigned int FTW = 0;
unsigned int PCW = 0;
unsigned long timer = 0;
SIGNAL(TIMER1_COMPA_vect)
{
  OCR1A += 1000;
  t = micros() - t0;
  t0 += t;
  tflag = 1;
}

```

```

void setup() {
  pinMode(3,OUTPUT);
  pinMode(AIN1,OUTPUT);
  pinMode(AIN2,OUTPUT);
  pinMode(BIN1,OUTPUT);
  pinMode(BIN2,OUTPUT);
  pinMode(PWMB,OUTPUT);
  pinMode(PWMA,OUTPUT);
  pinMode(4,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.setAutoAck(1);
  radio.setRetries(0, 15);
  radio.enableAckPayload();
  radio.setPayloadSize(32);

  radio.openReadingPipe(1, address[0]);
  radio.setChannel(0x60);

  radio.setPALevel (RF24_PA_MAX);
  radio.setDataRate (RF24_1MBPS);

  radio.powerUp();
  radio.startListening();
  Serial.begin(9600);
  pinMode(soundPin, OUTPUT);
  pinMode(resetPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(resetPinGND, OUTPUT);
  digitalWrite(resetPinGND, 0);
  pinMode(switchPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(switchPinGND, OUTPUT);
  digitalWrite(switchPinGND, 0);

  TCCR1A = 0;
  TCCR1B = 0x07;
  SET(TIMSK1, OCF1A);
}

float absf(float f)
{
  if (f < 0.0)
    return -f;
  else
    return f;
}

}

void loop(void) {
  byte pipeNo;
  while ( radio.available(&pipeNo)) {
    radio.read( &myarrayx, sizeof(myarrayx) );
    radio.read( &myarrayy, sizeof(myarrayy) );
    Serial.print("Recieved: ");
    Serial.println(myarray[0]);

    if (myarrayy[0]== 0){

```

```

forward();
}
if (myarrayy[0]== 1023){
backward();
}
    }
    if (myarrayx[0]== 0){
left();

}
if (myarrayx[0]== 1023){
right();
}
    }

    if (myarrayp[0]== val){
serv1();

}
if (myarrayp1[0]== val){
serv2();
}
    }
    if (myarrayp2[0]== 0){
serv3();
}

if (tflag) {
Serial.print("$");
Serial.print(f);
Serial.println(";");

if (digitalRead(switchPin) == default_mode) {
if (!digitalRead(resetPin))
v0 = t;
} else {
if (millis() - last_step > 300) {
last_step = millis();
v0 = v0 * koef + (1 - koef) * t;
}
}
f = f * 0.85 + absf(t - v0) * 0.15;
if (sound) {
if (millis() > timer) {
timer += 10;
PCW += FTW;
if (PCW & 0x8000)
{
digitalWrite(13, HIGH);
PCW &= 0x7fff;
}
else
digitalWrite(13, LOW);
}
} else {
if (millis() > timer) {
timer += 10;
PCW += FTW;
}
}
}

```

```

        if (PCW & 0x8000)
        {
            PCW &= 0x7fff;
            tone(soundPin, 3000, 30);
            delay(20);
            noTone(soundPin);
        }
        else
            noTone(soundPin);
    }
}

void left(){
digitalWrite(AIN1,LOW);
digitalWrite(AIN2,HIGH);
digitalWrite(BIN1,LOW);
digitalWrite(BIN2,HIGH);
analogWrite(PWMA,speeds);
analogWrite(PWMB,speeds);
}

void right(){
    digitalWrite(AIN1,HIGH);
    digitalWrite(AIN2,LOW);
    digitalWrite(BIN1,HIGH);
    digitalWrite(BIN2,LOW);
    analogWrite(PWMA,speeds);
    analogWrite(PWMB,speeds);
}

void forward(){
    digitalWrite(AIN1,HIGH);
    digitalWrite(AIN2,LOW);
    digitalWrite(BIN1,LOW);
    digitalWrite(BIN2,HIGH);
    analogWrite(PWMA,speeds);
    analogWrite(PWMB,speeds);
}

void backward(){
    digitalWrite(AIN1,LOW);
    digitalWrite(AIN2,HIGH);
    digitalWrite(BIN1,HIGH);
    digitalWrite(BIN2,LOW);
    analogWrite(PWMA,speeds);
    analogWrite(PWMB,speeds);
}

void serv1() {
    val = analogRead(potpin1);
    val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
    myservo1.write(val);
    delay(15);
}

void serv2() {
    val = analogRead(potpin2);
    val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
    myservo2.write(val);
}

```

```
    delay(15);  
}  
void serv3() {  
  val = analogRead(potpin3);  
  val = map(val, 0, 1023, 0, 180);  
  myservo3.write(val);  
  delay(15);  
}
```