

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

Віктор СИНЄГЛАЗОВ

“ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ

“МАГІСТР”

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технологічні
процеси і виробництва»

**Тема: Дистанційно керований комплекс для виявлення
вибухонебезпечних предметів**

Виконавець: студент групи КП-226М Глей Олег Сергійович
Керівник: доцент, Василенко Микола Павлович

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища» _____ Ольховик Ю.О.
Консультант розділу «Охорона праці» _____ Козлітін.О.О.
Нормоконтролер: _____ Філяшкін М.К.

Київ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра авіаційних комп'ютерно - інтегрованих комплексів

Освітній ступінь магістр

Напрямок 15 – Автоматизація та приладобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віктор СИНЄГЛАЗОВ.

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи студента

Глея Олега Сергійовича

1. Тема роботи: «Дистанційно керований комплекс для виявлення вибухонебезпечних предметів».

2. Термін виконання роботи: з 02.10.2023 до 18.12.2023р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): дистанційно керовані роботи, інерціальна навігація, картографування, обладнання для виявлення вибухонебезпечних предметів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Актуальність дистанційно керованого комплексу для виявлення вибухонебезпечних предметів; 2 Постановка задачі розробки дистанційно керованого робота для розмінування територій; 3 Огляд існуючих роботів для знаходження та знешкодження мін; 4 Підбір деталей та склад міноробота; 5 Екологія; 6 Охорона праці.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:

1 Актуальність теми; 2 Мета та завдання роботи; 3 Види роботів для розмінування; 4 Порівняльна таблиця; 5 Обрання модулів та створення структурної схеми; 6 Структурна схема ходової частини; 7 Пульти керування; 8 Розрахунок джерела живлення та часу роботи; 9 Створення блок-схем систем стабілізації та створення карт; 10 Проведення моделювання; 11 Висновки.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Отримання завдання	02.10.2023	
2	Формування мети та завдання	05.10.2023	
3	Актуальність теми	07.10.2023- 10.10.2023	
4	Аналіз існуючих методів	15.10.2023- 25.10.2023	
5	Підбір обладнання	27.10.2023- 05.11.2023	
6	Розробка структурної схеми бортового обладнання	06.11.2023- 20.11.2023	
7	Розробка структурної схеми ходової частини	25.11.2023- 30.11.2023	
8	Розрахунок параметрів	01.12.2023- 11.12.2023	
9	Проведення моделювання	12.12.2023- 16.12.2023	
10	Оформлення пояснювальної записки	17.12.2023	
11	Підготовка презентації та роздаткового матеріалу	18.12.2023	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Старший викладач, Олексій КОЗЛІТІН		
Охорона навколишнього середовища	Професор, Юрій ОЛЬХОВИК		

8. Дата видачі завдання 02.10.2023

Керівник:

Микола ВАСИЛЕНКО

Завдання прийняв до виконання _____ **Олег ГЛЕЙ**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Дистанційно керований комплекс для виявлення вибухонебезпечних предметів»: 98с., 28 рис., 5 табл., 13 літературних джерел.

ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИЙ ОБ'ЄКТ, МІНА, СИСТЕМА ВІЯВЛЕННЯ, ТЕРМОКАМЕРА, МЕТАЛОШУКАЧ.

Об'єкт дослідження – процес виявлення потенційно вибухонебезпечних об'єктів на відкритій місцевості.

Предмет дослідження – методи, засоби та системи виявлення потенційно небезпечних предметів на відкритій місцевості.

Мета дослідження – створення дистанційно керованого комплексу, який дозволить знизити ризик для життя людини, та зменшить вірогідність помилки при виконанні завдання з виявлення вибухонебезпечних предметів

Методи дослідження – математичний метод побудови картографічних сіток, метод реєстрації інфрачервоного випромінювання, метод вихрових струмів, методи і засоби збору та обробки даних

Результат роботи - В результаті написання магістерської роботи був розроблений дистанційно керований роботизований комплекс для виявлення вибухонебезпечних предметів, який є більш дешевим за аналоги, але не поступається їм в характеристиках. В процесі було виконано наступні завдання:

- 1 Доведена актуальність теми та поставлені мета та задача;
- 2 Розглянуті види вибухонебезпечних предметів та кількість жертв від їх вибухів;
3. Проаналізувати існуючі системи та комплекси для виявлення вибухонебезпечних предметів;
4. Розроблена структура бортового обладнання робототехнічного комплексу;
5. Спроектоване апаратне забезпечення робототехнічного комплексу.

6. Написане програмне забезпечення;

7. Досліджена робота розробленого програмного та апаратного забезпечення

ЗМІСТ

Вступ.....	0
1. Постановка задачі розробки дистанційно керованого комплексу для розмінування територій.....	11
1.1 Типи вибухонебезпечних предметів та методи їх виявлення.....	11
1.2 Типи мін та способи їх знешкодження.....	13
1.3 Жертви вибуху мін.....	17
1.4 Описання завдань до роботи.....	19
2. Огляд існуючих роботів для знаходження та знешкодження мін.....	21
2.1 Основні типи дистанційно керованих роботів.....	21
2.2 Мінороботи.....	22
2.2.1 Автоматизовані алгоритми в мінороботах.....	23
2.3 Переваги та недоліки мінороботів.....	25
2.4 Технічні характеристики мінороботів.....	27
2.5 БПЛА для розмінування.....	28
2.5.1 Автоматизовані алгоритми в БПЛА.....	30
2.6 Переваги та недоліки БПЛА.....	31

2.7	Технічні	характеристики	
БПЛА.....			33
2.8	Роботи-машини	для	
розмінування.....			34
2.9	Переваги та	недоліки	роботів-машин
розмінування.....			36
2.10	Технічні	характеристики	роботів-машин
розмінування.....			38
2.11	Порівняння	роботів та	вибір оптимального
варіанту.....			39
3.	Підбір	деталей	та склад
міноробота.....			42
3.1	Загальні	відомості	про склад
міноробота.....			42
3.1.1	Спосіб пересування міноробота.....43		
3.1.2	Маніпулятор.....45		
3.2	Вибір	датчиків та	пристроїв обробки
інформації.....			47
3.3	Створення	структурної	
схеми.....			51
3.4	Розрахунок часу автономної роботи та вибір джерела живлення....53		
3.5	Розроблення	алгоритму	роботи автоматизованої
системи.....			59
3.6	Дистанційне	керування	
комплексом.....			64
3.7	Проведення моделювання.....65		
4.	Охорона навколишнього середовища.....73		
4.1	Вплив вибухів та	горіння	вибухонебезпечних об'єктів на
навколишнє			
середовище.....			73

4.1.1	Зміна клімату та протимінна діяльність.....	74
4.2	Вплив діяльності з розмінування на навколишнє середовище.....	76
4.3	Способи для відновлення екологічного середовища мінних полів...	81
5.		Охорона
	праці.....	84
5.1	Оцінка ризиків та негативних чинників.....	84
5.2	Оптимізація організації робочого місця.....	84
5.3	Електробезпека.	Статична
	електрика.....	85
5.4	Вимоги безпеки під час аварійних ситуацій.....	86
5.5		Пожежна
	безпека.....	89
5.6	Інструкція з охорони праці для оператора комп'ютерного набору...	90
5.7	Оцінка робочих місць та проведення медичних оглядів.....	92
	Висновки.....	94
	Перелік використаних джерел.....	96

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВНО – вибухонебезпечний об'єкт.

БПЛА – безпілотний летючий апарат.

ВНП – вибухонебезпечний пристрій.

ЗВП (EOD) – знешкодження вибухонебезпечних предметів (Explosive Ordnance Disposal).

АС – автоматизована система.

ПК – персональний комп'ютер

ВСТУП

На даний момент через повномасштабне вторгнення та війну на території України, ця країна стала найзамінованішою країною у світі. За даними МВС, зараз заміновано близько 30% території України. З огляду на це МВС створило Міжнародний координаційний центр з гуманітарного розмінування. За словами міністра внутрішніх справ « Сьогодні ми зіткнулися з великою проблемою, що ворог продовжує залишати нас – це тотальне мінування територій, і чим довше ворог перебуває на тій чи іншій тимчасово окупованій території, тим більша площа мінування. стикаються з величезною кількістю пасток, як у будинках, так і на об'єктах критичної інфраструктури. Навіть у дитячих кімнатах та школах. Також мінуються лінії електропередач та газопроводи».

До розмінування території України залучені всі сили МВС – підрозділи ДСНС, Нацполіції та сапери Нацгвардії. Завершено підготовку додаткових 400 наших саперів, які приступлять до роботи вже в червні-липні. І зараз йде набір додатково 500 осіб, які після відповідної підготовки також будуть готові виконувати свої обов'язки. Але варто пам'ятати, що це вкрай небезпечна робота яка може вартувати життя, також сапер може не виявити вибухівку і через це може постраждати цивільне населення.

Розмінування територій є важливою процедурою для виявлення та усунення небезпечних вибухових пристроїв, що можуть знаходитися на землі, у будівлях або інших об'єктах. Існує кілька способів розмінування територій, які використовуються професіоналами у сфері безпеки і рятувальних операцій. Деякі з них включають:

1. Ручний пошук

2. Собаки-розміновувачі
3. Використання роботів
4. Технології зображення
5. Вибухова хімічна аналітика

Із всіх вище перелічених методів найнадійнішим способом є використання дистанційно керованих роботів для розмінування територій. Дистанційно керовані роботи для розмінування територій є важливим інструментом для забезпечення безпеки та врятування життів у районах, забруднених мінами та небезпечними вибуховими пристроями. Ці роботи мають на меті зменшити ризик для людей, які виконують завдання розмінування, та прискорити процес очищення територій від небезпечних предметів.

Основними типами дистанційно керованих робіт для розмінування є:

Мінороботи: Мінороботи є компактними та маневреними механізмами, призначеними для виявлення та розмінування мін. Вони здатні проникати в узкі простори і пересуватися по нерівному терену, де людина могла би бути у великому небезпеці. Мінороботи керуються оператором з безпечної відстані за допомогою дистанційного керування.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА): БПЛА здатні здійснювати високоризиковані місії розмінування шляхом використання вбудованих сенсорів та камер для виявлення мін і небезпечних предметів. Вони можуть оперувати в режимі реального часу та забезпечувати відеозйомку з повітря. БПЛА можуть бути керованими оператором або працювати у автономному режимі за попередньо заданими координатами.

Роботи-машини: Це більш масштабні роботи, які використовуються для розмінування великих територій, наприклад, поля бою або незаселених районів. Ці роботи-машини можуть мати різні конфігурації, включаючи гусеничні або колісні платформи з робочими руками для розмінування. Вони можуть бути обладнані детекторами металу, радіаційними датчиками та іншими сенсорами для виявлення небезпечних предметів.

Ці роботи дозволяють операторам працювати з безпеки і ефективно виконувати завдання розмінування, знижуючи ризик поранення та покращуючи продуктивність. Проте, важливо пам'ятати, що розмінування є складним процесом, і використання дистанційно керованих робіт повинно поєднуватися з правильними процедурами безпеки та експертними знаннями у сфері розмінування [1].

Актуальність теми

Зважаючи на те, що для розмінування територій знадобиться більше 10 років, в основному цією роботою будуть займатися сапери, а робота є вкрай небезпечною для життя як самого сапера, так і в разі його помилки для життя цивільного населення, надійніше використовувати дистанційно керованих роботів для розмінування територій. Це в першу чергу дозволить зберегти людські життя, а також пришвидшить процес розмінування, та дозволить уникнути помилок при розмінуванні. Саме тому я вважаю тему: «Дистанційно керований комплекс для виявлення вибухонебезпечних предметів» актуальною.

РОЗДІЛ 1

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РОЗРОБКИ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Типи вибухо небезпечних предметів та методи їх виявлення

Існує багато різних типів вибухо-небезпечних предметів. Ось кілька загальних категорій:

Вибухові речовини: Це хімічні речовини, які можуть вибухнути за наявності певних умов, таких як тепло, вогонь, удар або дотик. Приклади включають тротил, динаміт, гексоген (RDX) і трицітрат гексогеніл.

Боеприпаси: Це включає вибухові предмети, які використовуються у військових операціях. Це можуть бути артилерійські снаряди, бомби, міни, ракети тощо. Боеприпаси можуть бути небезпечними як у воєнний, так і у цивільний час.

Піротехнічні вироби: Це включає феєрверки, петарди, салюти та інші піротехнічні пристрої. Вони містять вибухові речовини, які використовуються для створення світлових, звукових і інших ефектів.

Невибухові предмети, що стають вибуховими: Це предмети, які, за певних обставин, можуть стати вибуховими. Наприклад, паливо, газові балони, хімічні речовини, які можуть реагувати між собою, або промислові матеріали, які можуть вибухнути при певних умовах.

Це лише кілька загальних типів вибухо-небезпечних предметів. Кожен з цих типів має свої властивості та небезпеки, і безпечне поводження з ними вимагає належного знання та обережності. Звісно ж найпоширенішим типом таких предметів є боеприпаси, а саме міни, ракети, бомби. Типи мін та способи їх виявлення описані в пункті 1.2.

Розмінування територій є важливою процедурою для виявлення та усунення небезпечних вибухових пристроїв, що можуть знаходитися на землі, у будівлях або інших об'єктах. Існує кілька способів розмінування територій, які використовуються професіоналами у сфері безпеки і рятувальних операцій.

Деякі з них включають:

Ручний пошук: Цей метод використовується для розмінування невеликих територій або конкретних об'єктів. Спеціально підготовлені розміновувачі оглядають територію вручну, використовуючи металошукачі, детектори металу та інші спеціалізовані пристрої, щоб виявити потенційно небезпечні предмети.

Собаки-розміновувачі: Навчені собаки можуть бути використані для виявлення вибухових речовин. Собаки мають винятково розвинений нюх, який дозволяє їм виявляти запахи вибухових матеріалів, навіть у невеликих кількостях. Вони працюють під керівництвом професійних розміновувачів.

Використання роботів: Роботи-розміновувачі можуть бути використані для безпечного пересування та обстеження потенційно небезпечних областей. Ці роботи оснащені камерами, датчиками тиску та іншими пристроями для виявлення та усунення вибухових пристроїв без участі людей.

Технології зображення: Для розмінування можуть використовуватися різноманітні технології зображення, наприклад, теплові камери, рентгенівські пристрої та лідари. Ці технології дозволяють виявляти та ідентифікувати небезпечні предмети, які можуть бути приховані або замасковані.

Вибухова хімічна аналітика: Аналітичні методи, такі як мас-спектрометрія, можуть використовуватися для виявлення слідів вибухових речовин на території. Ці методи дозволяють ідентифікувати хімічний склад речовини та виявляти наявність вибухових матеріалів.

Важливо зазначити, що розмінування територій є складним та потенційно небезпечним процесом, який повинен виконуватися

професіоналами з відповідною підготовкою та обладнанням. Дотримання всіх необхідних безпечних процедур та використання відповідних методів допомагає забезпечити успішне та безпечне розмінування.

1.2 Типи мін та способи їх знаходження

Міни - це вибухові пристрої, які зазвичай використовуються для військових або оборонних цілей. Існує кілька типів мін, і основні з них включають:

1 Антипіхотні міни: Це міни, які призначені для поранення або убивства людей. Вони часто розташовуються на землі і мають датчики або спускові механізми, які активуються при натисканні або наближенні людини.



Рис. 1.1 Антипіхотна міна

2 Антитанкові міни: Ці міни призначені для використання проти бронетехніки та танків. Вони мають сильні вибухові заряди, які можуть проникати через броню і завдають значних пошкоджень.



Рис. 1.2 Антитанкова міна

3 Міни-пастки: Ці міни приховані або маскувані, їхнім призначенням є спровокувати вибух, коли потерпілий виконує певну дію або активує певний механізм. Вони можуть бути використані як проти пішоходів, так і проти транспорту.



Рис. 1.3 Міна пастка

4 Морські міни: Це міни, які розташовуються в воді або на морському дні. Вони можуть бути активовані при наближенні суден або підводних човнів, і їхній вибух може завдати значних пошкоджень.



Рис. 1.4 Морська міна

5 Кластерні міни: Це міни, які призначені для розкиду декількох підривних елементів на велику площу. Кожен підривний елемент може функціонувати як окрема міна, здатна вибухнути при контакті з ціллю або поблизу неї.



Рис. 1.5 Кластерна міна

6 Протитанкові міни-клеї: Ці міни призначені для протидії танкам і бронетехніці. Вони містять клей, який прилипає до цільової техніки, утруднюючи її рух і знижуючи її ефективність. Це дозволяє ворогу затримати або виявити техніку та підготуватися до наступних атак.

7 Активовані дистанційно міни: Ці міни можуть бути активовані віддалено за допомогою радіоканалу або дроту. Вони дозволяють операторам мін пристрою вибрати момент вибуху і забезпечувати кращу точність та контроль над підривом.



Рис. 1.6 Дистанційно активована міна

8 Міни з попереджувальними системами: Ці міни мають вбудовані системи попередження, що дають сигнал про наближення до них. Наприклад, деякі міни можуть мати звукові або світлові сигнали, які активуються, коли людина або транспорт наближаються до них.

9 Самовибухові міни: Ці міни мають вбудований таймер або механізм, який призводить до автоматичного вибуху через певний проміжок часу після активації. Вони можуть використовуватися для створення перешкод або блокування шляхів руху противника.

Міни можуть бути знайдені або виявлені за допомогою різних методів. Ось кілька типів знаходження мін:

Ручний пошук: Люди, які навчені розпізнавати ознаки мін, можуть проводити ручний пошук у зоні підозрілого наявності мін. Вони використовують металошукачі, спеціальні інструменти або навіть тварин, такі як крижики, щоб допомогти знайти приховані міни.

Технічні засоби: Розроблені технічні засоби можуть використовуватись для виявлення мін, такі як металошукачі, радари, наземні або повітряні засоби зображення, теплові камери та акустичні детектори. Ці засоби виявляють характеристики мін, такі як металеві складові, теплові або акустичні сигнали, що відрізняють їх від навколишнього середовища.

Роботи з розмінування: Висококваліфіковані розміновувальні групи використовують спеціальні технічні засоби та обладнання для розмінування територій. Це може включати застосування роботів-розміновувачів, ручних і механізованих інструментів, експлозивних детекторів та роботів для виконання небезпечних завдань.

Технічне розвідування: Розвідувальні групи можуть використовувати різноманітні технічні засоби, такі як беспілотні літальні апарати (дрони), для збору інформації про підозрілі області. Ця інформація може допомогти визначити місцезположення мін та планувати їхнє вилучення.

Ці методи допомагають виявляти міни та забезпечувати безпеку при їхньому розмінуванні. Важливо, щоб ці дії проводились висококваліфікованими фахівцями, дотримуючись належних протоколів та заходів безпеки [2].

1.3 Жертви вибуху мін

Деокуповані громади Миколаївської та Херсонської областей залишаються одними з найбільш замінованих в Україні. Крім мінування цивільних об'єктів і землі, російські військові нібито мінували Чорне море, що поставило під загрозу міжнародне судноплавство та жителів прибережних районів.

У Миколаївській та Херсонській областях на Півдні України наразі найбільше знешкоджених ДСНС вибухових пристроїв. Наразі стан розмінування в Україні можна перевірити на інтерактивній карті від ДСНС. Доступна інформація про розміри обстеженої території, кількість знешкоджених вибухових пристроїв та кількість залучень представників ДСНС (дані відображаються як за добу, так і з початку роботи). Ви можете переглянути статистику розмінування в цілому по Україні, а також по окремих регіонах. Зокрема, станом на 15 травня 2023 року кількість знешкоджених вибухових пристроїв з початку роботи становить 12482 у Миколаївській області та 18385 у Херсонській області. Речник ДСНС України Олександр Хорунжий відзначив складнощі розмінування Херсонщини: «Окрім звичайних протипіхотних і протитанкових мін, противник залишив багато касетних елементів (деталі від РСЗВ «Град» та «Смерч»). , які не завжди вибухають і можуть у будь-який момент самознищитися) Також росіяни розкидають ПФ-1, так звані пелюстки, або «міни-метелики».

Станом на 24 лютого 2023 року документатори ініціативи «Трибунал за Путіна» зафіксували 130 епізодів замінування та/або підризу вибухових пристроїв в Одеській, Миколаївській та Херсонській областях. Загальна кількість жертв серед цивільного населення в цих епізодах становить 77 осіб (31 загинув, 46 поранено). Найбільше жертв серед мирного населення

зафіксовано на Херсонщині – 19 загиблих та 28 поранених. У Миколаївській області 6 людей загинули, 15 отримали поранення. У цих двох регіонах люди загинули або отримали поранення в основному внаслідок підриву протитанкових і протипіхотних мін, а також залишків касетних боєприпасів. В Одеській області ситуація інша – усі зафіксовані епізоди стосуються морських мін, які були зірвані з установок і винесені на узбережжя, де вони вибухнули самостійно або були знешкоджені українськими вибухотехніками. Ймовірно, морські міни стали причиною загибелі мирних жителів, які ігнорували заборону на купання на пляжах. Наразі на пляжах Одеської області зафіксовано 6 загиблих і 3 поранених внаслідок підриву вибухових пристроїв.

На деокупованих територіях Миколаївської та Херсонської області наразі прослідковується тенденція збільшення кількості постраждалих від підривів на залишених російськими військовими протипіхотних та протитанкових мінах. Відомо з відкритих джерел про жертви серед цивільних людей у березні 2023 року. Так, 10 березня поблизу села Іщенка Великоолександрівської громади на Херсонщині, цивільний автомобіль наїхав на російську міну у полі. Двоє людей загинуло, ще двоє отримали важкі поранення та доправлені до лікарні. У них діагностували мінно-вибухову травму, численні опіки та переломи. Через три дні стався ще один смертельний випадок спрацювання міни. За повідомленням Херсонської обласної прокуратури, 13 березня 2023 року на околиці села Посад-Покровське Херсонської області автомобіль з цивільним чоловіком підірвався на протитанковій міні. Від мінно-вибухової травми та численних поранень ніг, він загинув на місці.

На деокупованих територіях Миколаївської та Херсонської областей спостерігається тенденція зростання кількості постраждалих від підривів на протипіхотних і протитанкових мінах, залишених російськими військовими. У відкритих джерелах повідомляють про жертви серед мирного населення у березні 2023 року. 10 березня на полі біля села Іщанка

Великоолександрівської громади Херсонської області цивільний автомобіль наїхав на російську міну. Двоє людей загинули, ще двоє отримали важкі поранення та були доставлені в лікарню. У них діагностували мінно-вибухові травми, численні опіки та переломи. Через три дні стався ще один смертельний вибух на міні. Як повідомляє Херсонська обласна прокуратура, 13 березня 2023 року на околиці села Посад Покровське Херсонської області на протитанковій міні підірвався автомобіль, в якому знаходився цивільний чоловік. Від мінно-вибухової травми та політравми ноги він помер на місці. Лише в Харківській області з вересня постраждав 121 мирний житель, повідомляє ДСНС. 29 загинули [3].

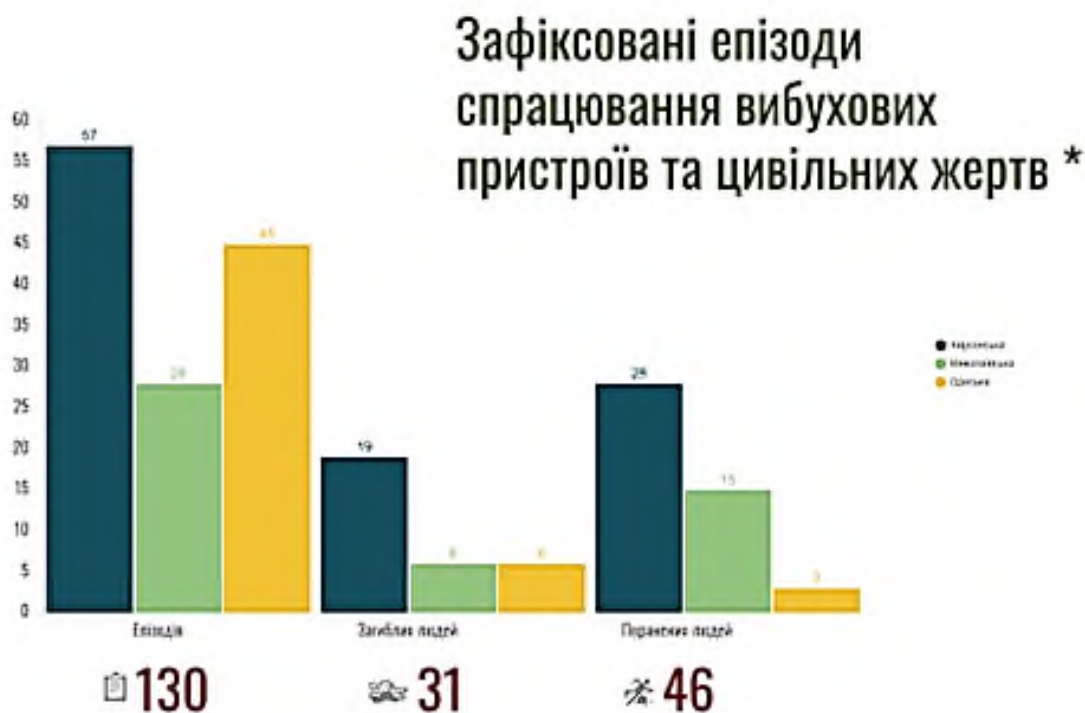


Рис. 1.7 Кількість вибухів мін та жертв

1.4 Описання завдань до роботи

Завдання полягає у дослідженні та розробці системи дистанційно керованих роботів для розмінування територій. У сучасному світі проблема мінної загрози є однією з найбільш актуальних у сфері безпеки та

гуманітарних дій. Велика кількість залишків вибухових пристроїв, таких як мін, нерозірваних ракет, на територіях проведення бойових дій становить значну небезпеку для цивільного населення та гальмує соціально-економічний розвиток регіонів.

Для розв'язання цієї проблеми потрібно розробити систему, яка дозволить ефективно та безпечно виявляти, локалізувати та усувати вибухонебезпечні пристрої за допомогою дистанційно керованих роботів. Основні складові системи повинні включати:

Датчики та обладнання для виявлення вибухових пристроїв, такі як металошукачі, теплові камери, детектори хімічних речовин тощо.

Механізми передачі даних та керування для безперервного зв'язку з дистанційно керованими роботами. Це може бути здійснено через бездротові мережі або супутниковий зв'язок.

Розробка програмного забезпечення для керування та управління роботами з допомогою інтерфейсу, що забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий контроль.

Механізми для безпечного та ефективного усунення виявлених вибухових пристроїв, які можуть включати механізми розмінування, роботів з операційною рукою, роботів-кордонівок тощо.

У роботі потрібно провести аналіз існуючих технологій та розробок у галузі дистанційно керованих роботів для розмінування територій, вибрати найефективніші рішення та розробити прототип системи. Прототип має бути протестований та оцінений щодо його продуктивності, надійності та безпеки.

Крім того повинні бути розглянуті питання економіки та техніки безпеки використання дистанційно керованих роботів для розмінування територій, а також врахувати питання збереження даних та приватності в контексті використання таких систем.

Отже в першому розділі були розглянуті типи вибухо небезпечних предметів, методи їх виявлення. Серед типів для виявлення був обраний варіант боєприпасів, так як саме цей тип вибухо небезпечних предметів

найчастіше використовується на території бойових дій в Україні. Розглянуті конкретні типи мін які використовуються та запропоновані способи їх знаходження. Також представлена статистика кількості вибухів мін та жертв від таких вибухів. На основі цих даних та обравши спосіб виявлення мін та їх знешкодження у вигляді дистанційно керованих роботів для розмінування територій була поставлена задача у розробці системи такого робота.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РОБОТІВ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ТА ЗНЕСКОДЖЕННЯ МІН

2.1 Основні типи дистанційно керованих роботів

Дистанційно керовані роботи для розмінування територій є важливим інструментом для забезпечення безпеки та врятування життів у районах, забруднених мінами та небезпечними вибуховими пристроями. Ці роботи мають на меті зменшити ризик для людей, які виконують завдання розмінування, та прискорити процес очищення територій від небезпечних предмети.

Основними типами дистанційно керованих робіт для розмінування є:

Мінороботи: Мінороботи є компактними та маневреними механізмами, призначеними для виявлення та розмінування мін. Вони здатні проникати в узкі простори і пересуватися по нерівному терену, де людина могла би бути у великому небезпеці. Мінороботи керуються оператором з безпечної відстані за допомогою дистанційного керування.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА): БПЛА здатні здійснювати високоризиковані місії розмінування шляхом використання вбудованих сенсорів та камер для виявлення мін і небезпечних предметів. Вони можуть оперувати в режимі реального часу та забезпечувати відеозйомку з повітря. БПЛА можуть бути керованими оператором або працювати у автономному режимі за попередньо заданими координатами.

Роботи-машини: Це більш масштабні роботи, які використовуються для розмінування великих територій, наприклад, поля бою або незаселених

районів. Ці роботи-машини можуть мати різні конфігурації, включаючи гусеничні або колісні платформи з робочими руками для розмінування. Вони можуть бути обладнані детекторами металу, радіаційними датчиками та іншими сенсорами для виявлення небезпечних предметів.

Ці роботи дозволяють операторам працювати з безпеки і ефективно виконувати завдання розмінування, знижуючи ризик поранення та покращуючи продуктивність. Проте, важливо пам'ятати, що розмінування є складним процесом, і використання дистанційно керованих робіт повинно поєднуватися з правильними процедурами безпеки та експертними знаннями у сфері розмінування [4].

2.2 Мінороботи

Мінороботи - це спеціалізовані дистанційно керовані роботи, розроблені для виявлення та розмінування вибухових пристроїв, мін і інших небезпечних об'єктів на територіях, які підозрюються в наявності мін. Інформація про мінороботів:

Мета: Мінороботи призначені для зменшення ризику для людей, які виконують завдання розмінування. Вони допомагають забезпечити безпеку та ефективність процесу розмінування, дозволяючи операторам віддалено контролювати робота, а не самостійно входити до потенційно небезпечних зон.

Конструкція: Мінороботи мають компактну та маневрену конструкцію. Вони можуть бути збудовані на гусеничних чи колісних платформах, або мати ноги, що надає їм здатність переміщатися в різних умовах терену. Зазвичай мінороботи оснащені камерами, мікрофонами, геодезичними сенсорами і системами телеметрії для точного навігації та знаходження небезпечних об'єктів.

Системи виявлення і обробки інформації: Мінороботи можуть бути обладнані різними сенсорами для виявлення мін, включаючи

металодетектори, інфрачервоні та ультразвукові сенсори, які допомагають відмежовувати міни від нейтральних предметів. Інформація з сенсорів оброблюється і передається оператору через відеопотік, дозволяючи йому виявляти та визначати небезпечні об'єкти.

Дистанційне керування: Мінороботи керуються оператором з безпечної відстані за допомогою дистанційного керування. Оператор може віддалено керувати рухом робота, включаючи його передвиження, роботу маніпуляторів та інших функцій.

Завдання розмінування: Мінороботи можуть бути використані для розмінування та нейтралізації мін різних типів, включаючи антитанкові міни, протипіхотні міни та імпровізовані вибухові пристрої (ІВП). Деякі моделі також можуть використовуватися для розмінування підводних мін.

Застосування: Мінороботи застосовуються в різних сферах, включаючи військові операції, рятувальні місії, демінінг та очищення територій від мін після воєн, а також для забезпечення безпеки при роботі з небезпечними вибуховими пристроями.

Інновації: В останні роки відбулися значні інновації в області мінороботів, включаючи автономність та штучний інтелект для автоматизованої обробки інформації та розмінування.

Автономність: Деякі мінороботи можуть мати обмежену автономність, що дозволяє їм виконувати певні завдання без постійного керування оператором. Наприклад, вони можуть простежувати лінії або відстежувати вказівки для автономного переміщення.

Екологічна безпека: Мінороботи можуть бути спроектовані так, щоб бути стійкими до вибухів і впливу небезпечних речовин. Це важливо для запобігання пошкодження робота під час розмінування.

2.2.1 Автоматизовані алгоритми в мінороботах

Автоматизовані алгоритми грають важливу роль в роботі мінороботів для розмінування. Вони дозволяють мінороботам виявляти та нейтралізувати вибухові пристрої та міни без значного втручання людини. Ось деякі типові автоматизовані алгоритми, які використовуються в мінороботах для розмінування:

Системи виявлення об'єктів: Комп'ютерне зорове розпізнавання: Мінороботи можуть бути обладнані камерами і системами комп'ютерного зору, які дозволяють їм виявляти об'єкти, такі як міни, на поверхні землі.

Сенсори металу: Деякі мінороботи мають вбудовані сенсори, що виявляють металеві предмети, які можуть бути частиною вибухових пристроїв.

Аналіз даних та розпізнавання патернів: Машинне навчання і штучний інтелект: Використовуються для аналізу даних та розпізнавання патернів, що допомагає визначити, чи є об'єкт підозрілим вибуховим пристроєм.

Системи навігації та маршрутизації: Автономна навігація: Мінороботи можуть бути здатними самостійно рухатися та обирати оптимальний маршрут для виявлення та нейтралізації вибухових пристроїв.

Обхід перешкод: Алгоритми, які дозволяють мінороботам уникати перешкод та навігувати в обмеженому просторі.

Маніпулятори та інструменти: Автоматичне захоплення і нейтралізація: Мінороботи можуть бути обладнані маніпуляторами, які дозволяють їм автоматично захоплювати і нейтралізувати вибухові пристрої або міни.

Моніторинг стану обладнання: Системи діагностики і обслуговування: Для відстеження стану всіх систем міноробота, виявлення можливих несправностей та попередження про них.

Системи управління безпекою: Системи вибухобезпеки: Якщо мінороботи мають нейтралізувати вибухові пристрої, то вони можуть мати спеціальні заходи безпеки, що запобігають несанкціонованому вибуху.

Системи зв'язку і дистанційного керування: Безпроводний зв'язок: Для обміну даними між мінороботом і операторською станцією. Дистанційне керування: Для контролю руху та операцій міноробота з безпечної відстані.

Мінороботи грають ключову роль у забезпеченні безпеки в умовах, де може бути наявність небезпечних вибухових пристроїв та мін. Вони зменшують ризик для життя та здоров'я людей, які виконують ці небезпечні завдання, і дозволяють більш швидко та ефективно очищати території від мін і небезпечних предметів. На рисунку 8 показаний міноробот для розмінування



Рис. 2.1 Міноробот для розмінування

2.3 Переваги та недоліки мінороботів

Мінороботи мають свої переваги і недоліки, які важливо враховувати при їх використанні в розмінуванні територій. Вони наведені в таблиці:

Таблиця 1 Переваги та недоліки мінороботів

Переваги		Недоліки	
Збільшення безпеки:	Мінороботи	Високі витрати:	Розробка,
дозволяють зменшити ризик для	придбання	та	обслуговування

<p>життя і здоров'я людей, оскільки можуть виконувати роботу в небезпечних умовах без прямого контакту з небезпечними об'єктами, такими як міни або вибухові пристрої.</p>	<p>мінороботів можуть бути вельми витратними.</p>
<p>Маневреність і доступність: Мінороботи можуть проникати в узкі або важкодоступні місця, куди люди не могли б потрапити. Вони також можуть працювати в різних умовах терену, включаючи ліси, гори та підводні середовища.</p>	<p>Складність управління: Використання мінороботів вимагає кваліфікованих операторів, які повинні бути навчені керуванню цими системами.</p>
<p>Точність і надійність: Мінороботи обладнані сучасними сенсорами та системами навігації, що дозволяють їм виявляти та ідентифікувати небезпечні об'єкти з високою точністю і надійністю.</p>	<p>Обмежена автономність: Багато мінороботів потребують постійного джерела живлення та мають обмежену продуктивність через обмежену кількість резервного живлення або обсягу вантажу.</p>
<p>Ефективність і продуктивність: Мінороботи можуть працювати неперервно і не втомлюються, що дозволяє їм виконувати завдання розмінування швидше та ефективніше, ніж люди.</p>	<p>Технічні обмеження: Мінороботи можуть мати обмеження в роботі в деяких умовах, таких як глибокий сніг, густий ліс або у водяних середовищах.</p>
<p>Можливість дистанційного керування: Оператори можуть керувати мінороботами з безпечної відстані, що дозволяє їм залишатися</p>	<p>Потреба у технічному обслуговуванні: Мінороботи вимагають регулярного обслуговування та ремонту, що може</p>

в безпеці і виконувати роботу в реальному часі.	бути проблематичним у віддалених або воєнних умовах.
---	--

2.4 Технічні характеристики мінороботів

Технічні характеристики мінороботів можуть значно варіюватися в залежності від конкретної моделі та призначення. Загальні технічні характеристики, які можуть бути характерними для багатьох мінороботів:

1 Платформа і рухливість:

Тип платформи: Гусенична, колісна, ноги, або комбінована.

Кількість ніг або коліс: Зазвичай від 4 до 6.

Максимальна швидкість: Зазвичай від 1 до 10 кілометрів на годину.

2 Розміри і вага:

Довжина, ширина і висота: Залежить від моделі, але зазвичай мінороботи мають компактні розміри, щоб легко проникати в узкі простори.

Вага: Зазвичай від декількох кілограмів до десятків кілограмів.

3 Живлення:

Тип живлення: Зазвичай акумулятори або пального елементи.

Час роботи на одному заряді: Залежить від моделі, від декількох годин до кількох днів.

4 Системи спостереження та виявлення:

Камери: Високоякісні камери з різними спрямуваннями.

Інфрачервоні (IR) і ультразвукові сенсори: Допомагають виявляти об'єкти та перешкоди в темряві або в обмежених умовах видимості.

Металодетектори: Використовуються для виявлення металевих предметів, таких як міни.

5 Навігація:

GPS або інші системи локації: Використовуються для точної навігації та визначення місцезнаходження робота.

Системи геодезичного визначення положення: Допомагають роботі визначити своє положення на території.

6 Дистанційне управління:

Тип зв'язку: Зазвичай радіо, Wi-Fi або інші бездротові технології.

Максимальна дистанція зв'язку: Залежить від моделі і умов.

7 Маніпулятори і інструменти:

Кількість маніпуляторів: Від одного до кількох.

Види маніпуляторів: Залежить від призначення, можуть бути рухомими або стаціонарними.

Інструменти для розмінування: Наприклад, детонатори або робочі руки для безпечного виявлення і нейтралізації мін.

8 Вологозахист і витривалість:

Ступінь захисту від пилу та вологи (IP-клас): Визначає, наскільки робот може працювати в умовах, де є вологість або пил.

Стійкість до екстремальних температур: Деякі моделі можуть працювати в екстремальних температурних умовах.

Це загальний огляд технічних характеристик мінороботів. Конкретні характеристики можуть відрізнятися від моделі до моделі і в залежності від виробника та призначення робота.

2.5 БПЛА для розмінування

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) для розмінування - це безпілотні системи, розроблені спеціально для виявлення та нейтралізації вибухових пристроїв, мін і інших небезпечних об'єктів на територіях, які підозрюються в наявності мін. Інформація про БПЛА для розмінування:

1 Типи БПЛА для розмінування:

Мультикоптери: БПЛА з мультироторними системами зберігають стабільність в повітрі та можуть легко підніматися та спускатися, що

дозволяє їм виконувати детальне вивчення та виявлення мін на поверхні землі.

Літаки: Деякі БПЛА мають форму літаків і можуть здійснювати більші дальні польоти, що дозволяє їм оглядати великі території.

2 Системи виявлення і обробки інформації:

Камери: Високороздільні оптичні та інфрачервоні камери допомагають виявляти міни та інші небезпечні об'єкти.

Лідари: Використовуються для створення точних 3D-моделей території та об'єктів, що допомагає визначити їхню локацію та розмір.

Системи магнітної та радіохвильової детекції: Використовуються для виявлення металевих мін та інших металевих об'єктів.

3 Нейтралізація об'єктів:

Маніпулятори або робочі руки: Деякі БПЛА можуть бути обладнані маніпуляторами, які дозволяють захоплювати та нейтралізувати міни або інші вибухові пристрої.

Піротехнічні засоби: БПЛА можуть встановлювати детонатори або інші піротехнічні засоби для безпечної нейтралізації мін.

4 Дистанційне керування:

Операторська станція: Оператор керує БПЛА з безпечної відстані, використовуючи відеопотік та дистанційне управління.

Автономність: Деякі БПЛА можуть мати автономну систему навігації та обробки інформації, яка дозволяє їм виконувати завдання розмінування без постійного контролю оператора.

5 Тривалість польоту:

Час роботи на одному заряді: Зазвичай від 30 хвилин до кількох годин, залежить від моделі та ваги обладнання.

Системи вибухобезпеки: Для захисту БПЛА від вибухів.

6 Стійкість до впливу неблагоприятних умов:

Стійкість до погодних умов: Деякі моделі можуть працювати в дощ, сніг або вітер.

Стійкість до перешкод: Деякі БПЛА можуть автоматично уникати перешкод або виявляти їх та обходити.

7 Транспортні засоби:

Постійна система зберігання та транспортування: Для перевезення БПЛА та обладнання на місце розмінування.

Загалом, БПЛА для розмінування є важливим інструментом для забезпечення безпеки та ефективності при виявленні та нейтралізації вибухових пристроїв і мін на небезпечних територіях.



Рис. 2.2 БПЛА для розмінування

2.5.1 Автоматизовані алгоритми в БПЛА

Автоматизовані алгоритми в безпілотних літальних апаратах (БПЛА) є важливою складовою для їх функціональності та ефективності. Ці алгоритми дозволяють БПЛА виконувати завдання без значного втручання оператора та реагувати на зміни в оточуючому середовищі. Ось деякі з основних автоматизованих алгоритмів, які використовуються в БПЛА:

Автономна навігація: Цей алгоритм дозволяє БПЛА самостійно переміщатися в просторі, розраховувати оптимальний маршрут і уникати перешкод. Він може використовувати системи GPS, лідари, камери та інші

сенсори для визначення свого місцезнаходження та розташування об'єктів навколо.

Детекція об'єктів: Алгоритми комп'ютерного зору використовуються для виявлення об'єктів, таких як міни, на поверхні землі. Вони можуть розпізнавати форми, кольори, текстури та інші характеристики об'єктів для їх ідентифікації.

Системи штучного інтелекту (ШІ): Багато сучасних БПЛА використовують ШІ для прийняття рішень в реальному часі. Наприклад, ШІ може аналізувати дані з сенсорів і визначати, які дії потрібно виконати в конкретних ситуаціях, таких як виявлення міни або маневрування навколо перешкод.

Планування маршруту: Цей алгоритм дозволяє БПЛА визначити оптимальний маршрут для виконання завдання, яке може включати в себе виявлення і нейтралізацію мін. Він враховує обмеження БПЛА, перешкоди та інші фактори для побудови оптимального маршруту.

Автоматичне взлітання та посадка: Багато БПЛА можуть автоматично взлітати і сідати, що робить їх використання більш зручним та безпечним.

Моніторинг стану обладнання: Алгоритми можуть відстежувати стан всіх систем і сенсорів БПЛА, виявляти можливі несправності та вчасно сповіщати оператора або автоматично виправляти проблеми.

Автоматичний аналіз даних: БПЛА може здійснювати аналіз отриманих даних для виявлення небезпечних об'єктів та подальшого прийняття рішень щодо їх нейтралізації.

2.6 Переваги та недоліки БПЛА

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) мають численні переваги, але також і недоліки, які потрібно враховувати при їх використанні. Ось докладний огляд переваг та недоліків БПЛА:

Таблиця 2 Переваги та недоліки БПЛА

Переваги	Недоліки
----------	----------

<p>Безпека оператора: Оператор БПЛА може керувати апаратом з безпечної відстані, що знижує ризик для людини в умовах небезпеки, наприклад, при розмінуванні або патрулюванні небезпечних територій.</p>	<p>Залежність від технології: БПЛА потребують досить складних технічних систем для роботи, і вони можуть виходити з ладу або потребувати регулярного обслуговування.</p>
<p>Доступ до важкодоступних місць: БПЛА може легко долати важкодоступні області, такі як великі висоти, глибокі ями, території, заблоковані перешкодами або з ризиком вибуху.</p>	<p>Короткий час польоту: Багато БПЛА мають обмежений час польоту через обмежену ємність батарей або пального.</p>
<p>Висока мобільність: БПЛА може бути швидко переміщений з одного місця на інше, що робить їх ефективними для пошуку, надання допомоги або реагування на надзвичайні ситуації.</p>	<p>Обмежена вантажопідйомність: БПЛА, особливо дрони, мають обмежену здатність перевозити великі вантажі.</p>
<p>Ефективність і швидкість: БПЛА може виконувати завдання швидше і ефективніше, ніж люди, оскільки вони не втомлюються і можуть працювати цілодобово.</p>	<p>Проблеми з приватністю і безпекою: Здатність БПЛА здійснювати спостереження може породжувати питання щодо приватності і можливості використання їх для незаконних дій.</p>
<p>Можливості зйомки: Вони можуть бути обладнані високоякісними камерами, інфрачервоними сенсорами, лідарами та іншими</p>	<p>Залежність від погодних умов: Негода можуть обмежити можливості польоту БПЛА, особливо випробування звільнення</p>

сенсорами для ведення зйомки з повітря високої якості.	великих дронів.
Економія коштів: У деяких випадках використання БПЛА може зменшити витрати на виконання завдань, оскільки не потрібно оплачувати зарплати та страховки для операторів.	Законодавчі обмеження: В багатьох країнах є строгі законодавчі обмеження щодо використання БПЛА, які обмежують їх функціональність та місця польоту.
Зменшення екологічного впливу: Малі БПЛА можуть мати менший викид CO ₂ порівняно з традиційними літальними апаратами, що працюють на пальному.	Потенційні загрози для безпеки: Якщо вони використовуються недбало або зловмисно, БПЛА можуть становити загрозу для безпеки громадськості, літаків або об'єктів на землі.

2.7 Технічні характеристики БПЛА

Технічні характеристики Безпілотних Літальних Апаратів (БПЛА) для розмінування можуть значно варіюватися в залежності від конкретної моделі та виробника. Однак основні технічні характеристики, які зазвичай важливі для БПЛА, призначених для розмінування, можуть включати такі:

Дальність польоту: Це відстань, яку БПЛА може пролетіти на одному заряді або баку пального. Для розмінування важливо мати досить великий запас польоту для огляду великих територій.

Максимальна висота польоту: Висота, на яку БПЛА може піднятися, є важливою для огляду областей з високими перешкодами або гірським рельєфом.

Швидкість польоту: Швидкість БПЛА може варіюватися від дуже повільної (для детального огляду) до досить високої (для швидкого огляду великих територій).

Автономність: Здатність БПЛА працювати в автономному режимі без постійного контролю оператора. Це включає системи автономної навігації та виявлення об'єктів.

Вантажопідйомність: Можливість перевозити спеціальну апаратуру для розмінування, наприклад, маніпулятори, детектори мін, піротехнічні засоби тощо.

Тривалість роботи на одному заряді або баку пального: Важливо мати достатньо часу для виконання завдань розмінування без необхідності частого заряджання або заправки.

Системи виявлення: БПЛА можуть бути обладнані різними сенсорами, такими як камери, лідари, сонари, металодетектори тощо, для виявлення мін і вибухових пристроїв.

Маніпулятори або робочі руки: Якщо БПЛА призначений для нейтралізації мін, він може бути обладнаний маніпуляторами або робочими руками для захоплення та обробки небезпечних об'єктів.

Дистанційне керування і зв'язок: Системи для дистанційного керування БПЛА з операторської станції, а також засоби зв'язку для передачі даних і відеопотоку.

Стійкість до погодних умов: Здатність працювати в різних погодних умовах, включаючи дощ, сніг, вітер і т. д.

Можливості автоматизації: Наявність системи автоматизованих алгоритмів для виявлення, ідентифікації та нейтралізації мін та вибухових пристроїв.

Засоби безпеки: Включає системи вибухозахисту та захисту від внутрішніх та зовнішніх загроз.

Вага і розміри: Це важливо для транспортування та деплоймента БПЛА.

Споживана потужність: Важливо для розрахунку тривалості польоту та споживання енергії.

Системи відеоспостереження і зберігання даних: Дозволяють вести записи з польотів і забезпечувати відеоспостереження.

Зазначені технічні характеристики можуть бути адаптовані та налаштовані відповідно до конкретних завдань розмінування та вимог користувачів.

2.8 Роботи-машини для розмінування

Роботи-машини для розмінування, також відомі як роботи-демінери або роботи-піротехніки, це спеціалізовані автоматизовані системи, які використовуються для виявлення, ідентифікації та нейтралізації вибухових пристроїв, мін і інших небезпечних об'єктів на землі або під нею. Вони грають важливу роль в гуманітарних діях та військових операціях, де є ризик вибуху, а також в роботі піротехніків та демінерів.

Основні характеристики роботів-машин для розмінування включають:

Автономність: Більшість роботів-демінерів мають високий ступінь автономії, що дозволяє їм виконувати завдання без активного керування оператора. Вони можуть мати вбудовані системи автономної навігації, розпізнавання об'єктів і прийняття рішень.

Системи виявлення: Роботи-демінери зазвичай обладнані різними сенсорами, такими як камери, лідари, інфрачервоні датчики і металодетектори, для виявлення вибухових пристроїв та мін. Ці сенсори допомагають відобразити об'єкт на карті та визначити його тип.

Маніпулятори або робочі руки: Багато роботів-демінерів мають маніпулятори або робочі руки, які дозволяють їм взаємодіяти з небезпечними об'єктами. Ці маніпулятори можуть використовувати інструменти для відкривання, демонтажу або нейтралізації вибухових пристроїв.

Засоби знешкодження: Роботи-демінери можуть бути обладнані спеціальними засобами для знешкодження вибухових пристроїв. Це може включати в себе засоби для обезшкодження боєприпасів або контрольованого підриву.

Дистанційне керування і зв'язок: Оператор може керувати роботом-демінером з безпечної відстані за допомогою системи дистанційного керування. Зв'язок з роботом зазвичай забезпечується через безпроводні канали.

Стійкість до вибухів: Роботи-демінери зазвичай мають бронювання та захист від потенційних вибухів, що робить їх менш вразливими до пошкоджень.

Вантажопідйомність і маневреність: Важливою характеристикою є здатність робота піднімати та переміщувати важкі вибухові пристрої або міни та мати достатню маневреність для роботи в обмежених умовах.

Масштабованість: Роботи-демінери можуть бути доступні в різних розмірах і конфігураціях, що дозволяє вибирати модель відповідно до конкретних завдань.

Моніторинг стану обладнання: Системи, які відстежують стан всіх систем і сенсорів робота, виявляють можливі несправності і попереджають про них.

Роботи-машини для розмінування є важливими засобами для забезпечення безпеки та гуманітарної допомоги в умовах, де є загроза вибуху. Їхні технічні характеристики допомагають забезпечити ефективне та безпечне виконання завдань розмінування [5].



Рис. 2.3 Робот-машина для розмінування

2.9 Переваги та недоліки роботів-машин для розмінування

Роботи-машини для розмінування мають свої переваги і недоліки, які потрібно враховувати при їх використанні в різних умовах. Загалом, роботи-машини для розмінування є цінними інструментами для забезпечення безпеки в умовах, де є загроза вибуху. Однак їхнє використання вимагає дбайливого підходу та врахування всіх можливих ризиків і обмежень.

Таблиця 3 Переваги та недоліки роботів-машин для розмінування

Переваги	Недоліки
Безпека операторів: Вони дозволяють виконувати небезпечні завдання безпосередньо, не виставляючи людей на ризик вибуху.	Високі витрати на придбання і обслуговування: Роботи-машини для розмінування часто є дорогими, і їх обслуговування також може вимагати значних витрат.
Висока ефективність: Роботи-машини можуть бути програмовані	Складність в управлінні: Оператори повинні бути навчені правильно

для ефективного виявлення та нейтралізації вибухових пристроїв та мін, що може значно зменшити час виконання завдань.	використовувати роботи-машини та розуміти їхні можливості та обмеження.
Можливість роботи в умовах обмеженої видимості: Вони можуть працювати в умовах диму, пилу, нічний час, що забезпечує постійну доступність для операцій.	Можливість технічних несправностей: Як і будь-яка техніка, роботи-машини можуть вийти з ладу або перебувати в ремонті, що може вплинути на продуктивність роботи.
Можливість роботи в умовах важкої погоди: Роботи-машини можуть працювати в дощ, сніг, спеку та інших непогодних умовах.	Обмежені можливості в складних умовах: Не завжди можливо використовувати роботи-машини для розмінування в умовах із значними перешкодами або на територіях зі складною геометрією.
Відсутність психологічного впливу на оператора: Оператори не викладені психологічному напруженню, пов'язаному з небезпекою вибуху, що дозволяє знизити ризик помилок.	Залежність від джерел живлення: Більшість роботів-машин для розмінування працюють на паливі або інших джерелах живлення, що обмежує їх час роботи.

2.10 Технічні характеристики роботів-машин для розмінування

Технічні характеристики роботів-машин для розмінування можуть значно варіюватися в залежності від конкретної моделі та виробника. Однак основні технічні характеристики, які зазвичай важливі для роботів-машин для розмінування, можуть включати такі:

Технічні характеристики роботів-машин для розмінування можуть варіюватися від моделі до моделі, в залежності від виробника та призначення.

Однак основні технічні характеристики роботів-машин для розмінування можуть включати наступне:

Системи виявлення та навігації:

Камери з високою роздільною здатністю для відеоспостереження та фотографування.

Лідари (лазерні радари) для точної 3D-картографії оточуючого простору та виявлення перешкод.

Інфрачервоні сенсори для роботи в умовах обмеженої видимості, наприклад, вночі.

Глобальні навігаційні системи (GPS, ГЛОНАСС) для визначення місцезнаходження робота. Інерціальні системи для вимірювання руху та орієнтації робота.

Автономність: Системи штучного інтелекту (нейронні мережі, машинне навчання) для автоматичної обробки та аналізу даних. Системи автономної навігації та планування маршруту. Можливість автономного виявлення підозрілих об'єктів (мін, вибухових пристроїв).

Споживана потужність і живлення: Тип та ємність джерел живлення (батареї, дизельні генератори тощо). Час автономної роботи на одному заряді або баку кілька годин.

Вага та розміри: Загальна маса робота від десятків кілограмів до пари тон. Габаритні розміри та маневреність для роботи в обмежених умовах.

Швидкість: Максимальна швидкість руху робота до 30 км/год.

Системи безпеки: Засоби захисту від вибуху та засоби для мінімізації можливого пошкодження в разі вибуху. Технічні засоби для захисту від внутрішніх та зовнішніх загроз.

Засоби комунікації та дистанційного керування: Засоби зв'язку для передачі даних, відеопотоку і команд між роботом та оператором. Системи дистанційного керування та моніторингу.

Типи сенсорів і обладнання для виявлення вибухових пристроїв і мін: Металодетектори. Системи радіоактивного виявлення. Вібраційні, акустичні та оптичні сенсори. Стійкість до погодних умов:

Можливість роботи в різних погодних умовах, включаючи дощ, сніг, вітер та інші негоди.

Ці технічні характеристики можуть бути налаштовані та адаптовані відповідно до конкретних завдань та умов використання робота-демінера.

2.11 Порівняння робіт та вибір оптимального варіанту

Порівняння мінороботів, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для розмінування і роботів-машин на основі їхніх переваг, недоліків і технічних характеристик може допомогти краще розуміти сфери їхнього використання та визначитися який робот краще підійде розмінування території

Таблиця 4 Порівняння робіт для розмінування

Параметр	Мінороботи	БПЛА	Роботи-машини
Переваги			
Безпека операторів	+++	+++	+++
Ефективність	++	++	+++
Робота в умовах обмеженої видимості та поганих погодних умов	++	+	+++
Недоліки			
Витрати	++	+	++
Складність управління	++	+	+++
Залежність від	++	++	+

джерел живлення			
Обмежені можливості в складних умовах	+++	+++	+
Технічні характеристики			
Системи виявлення та навігації	Камери, лідари, інфрачервоні сенсори, металодетектори	GPS, ГЛОНАСС, камери, лідари	Камери, металодетектори
Автономність	+	+	+++
Можливість автоматизації та іновацій	+++	+++	++
Системи маніпуляції	Маніпулятори, ручні руки, , керування та зондування	-	Ковші, відвали, жернова
Вага та розміри	+++	++	+
Швидкість	+++	+++	+
Системи безпеки	++	+	+++

На основі вище наведеної таблиці можна зробити висновок, що роботи-машини хоч і надійні та безпечні, проте вимагають великої кількості енергії для роботи, у вигляді пального, мають менше способів виявлення та взаємодії з мінами, а головне працюють доволі повільно через свої великі габарити тож не підходять для розмінування в умовах бойових дій . БПЛА ж працюють набагато швидше, але вони менш надійні, та не мають способів взаємодії з мінами, окрім того складні в управлінні, їх набагато ефективніше використовувати як зброю. Найбільш доцільним для розмінування територій в умовах бойових дій є мінороботи, через їх універсальність, швидкість та простоту у використанні, проте й вони мають певні недоліки у вигляді малої

автономності, складності управління та витрат. Ці недоліки будуть розглянуті далі в роботі та запропоновані методи усунення цих недоліків.

Отже в другому розділі були розглянуті роботи які використовуються для розмінування територій, такі як мінороботи, БПЛА, машини-роботи, описані переваги та недоліки для кожного з цих роботів, наведені їх загальні технічні характеристики. Була складена порівняльна таблиця для підбору найбільш оптимального варіанту для розмінування територій. На основі таблиці був обраний варіант міноробота.

РОЗДІЛ 3

ПОДБІР ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАД МІНОРОБОТА

3.1 Загальні відомості про склад міноробота

Склад міноробота може варіюватися в залежності від конкретної моделі та виробника, а також від завдань, для яких він призначений. Проте, основні компоненти міноробота включають наступні елементи:

Механічні маніпулятори: Механічні маніпулятори або робочі руки робота можуть мати кілька зчленованих сегментів, схожих на пальці. Це дозволяє їм взаємодіяти з об'єктами та вибуховими пристроями.

Вони можуть бути обладнані спеціальними інструментами, такими як голки для розмінування мін або механічні клешні для знешкодження вибухових пристроїв.

Деякі механічні маніпулятори можуть бути чутливими до дотику, що дозволяє операторам контролювати силу, з якою робот взаємодіє з об'єктами.

Система керування: Система керування включає в себе програмне забезпечення та обладнання, яке керує рухами та діями робота.

Вона може використовувати різні типи сенсорів, такі як камери, лазерні датчики та гіроскопи, для визначення місцезнаходження та орієнтації робота.

Система керування може бути здатною до автономної роботи на підставі передвизначених програм або може бути керована оператором в реальному часі.

Системи виявлення вибухових пристроїв і мін: Мінороботи обладнані різними типами сенсорів для виявлення підозрілих об'єктів. Це включає в себе металодетектори, які реагують на металеві об'єкти, інфрачервоні сенсори для виявлення теплових випромінювань, та системи радіоактивного виявлення для виявлення радіоактивних матеріалів.

Деякі мінороботи можуть мати багат шарові сенсорні системи, які використовують алгоритми обробки сигналів для визначення характеристик об'єктів.

Системи відеоспостереження: Ці системи включають в себе камери або інші оптичні системи, які дозволяють операторам бачити об'єкти та виконувати маніпуляції за допомогою відеоспостереження.

Відеопотік з камери може передаватися оператору в реальному часі, дозволяючи здійснювати дистанційне керування роботом.

Джерело живлення: Мінороботи живляться від батарей або акумуляторів, які забезпечують їм електроенергію для роботи.

Залежно від завдань і потреб робота, джерело живлення може бути розроблено з урахуванням тривалості автономної роботи.

Системи безпеки: Вони можуть включати в себе захисні оболонки, які захищають робота від пошкоджень в разі вибуху або удару.

Антивібраційні системи допомагають підтримувати стабільність робота під час маніпуляцій.

Системи комунікації: Вони включають в себе засоби зв'язку для передачі даних, відеопотоку і команд між роботом та оператором.

Ці системи дозволяють операторам контролювати робота з безпечної відстані.

Ці компоненти дозволяють мінороботам виявляти та нейтралізувати вибухові пристрої та міни в небезпечних умовах, забезпечуючи безпеку операторів і ефективність роботи [6].

3.1.1 Спосіб пересування міноробота

Гусеничні системи використовуються в багатьох моделях мінороботів через їхню здатність пройти через важкодоступні терени, включаючи руїни, піщані дюни, сніг, багні та інші умови, де колеса або нормальні ноги можуть бути менш ефективними. Ось деякі типи гусеничних систем, які використовуються в мінороботах:

Гумові гусениці: Гумові гусениці легкі, тихі та мають добру адгезію до різних поверхонь. Вони можуть бути використані в мінороботах, що працюють в стандартних умовах.

Металеві гусениці: Металеві гусениці мають велику міцність і можуть витримувати важкі умови, такі як сильний тиск або грубий терен. Вони корисні в мінороботах для важких завдань, таких як робота в руїнах.

Резиново-металеві гусениці: Ці гусениці поєднують в собі переваги гумових і металевих гусениць, маючи міцні металеві гусеничі з гумовими вставками для кращої адгезії та амортизації.

Пластикові гусениці: Пластикові гусениці можуть бути легкими та досить міцними. Вони часто використовуються в легких мінорботах або роботах для дітей.

Гусениці з гумовими взуттям: Гусениці, обладнані гумовими підошвами, можуть мати кращу адгезію на гладких або слизьких поверхнях, таких як скло або лід.

Змінні гусениці: Деякі мінорботи оснащені змінними гусеницями, які можна встановлювати залежно від умов роботи. Наприклад, можуть використовуватися гусениці для різних типів поверхонь.

Комбіновані системи: Деякі мінорботи мають комбіновані гусеничні системи, де один тип гусениць може використовуватися на передньому або задньому плані, а інший - на протилежному.

Вибір конкретного типу гусениць залежить від специфікацій завдання та умов роботи. Гусенична система важлива для мобільності мінорбота і може значно вплинути на його ефективність у виконанні завдань.

Для даного робота був обраний варіант 4-х гусеничної ходової частини від німецької компанії Telemax. Порівняно з усіма іншими типами ходової частини, вона демонструє чудову мобільність. Наприклад, вона легко справляється з нахилами 45° або 100%. Перешкоди висотою до півметра долаються без проблем, так само як і щілини в поверхні шириною 600 мм. Окремо підвішені та підпружинені, кожна ходова частина може працювати окремо, в парі або всі разом. Інтелектуальна система керування одним натисканням кнопки налаштовує конфігурацію ходової частини відповідно до конкретної ситуації. Це значно полегшує завдання оператора, особливо коли машина повинна подолати, наприклад, вузькі сходи або високі сходи. Датчики нахилу гарантують, що telemAX завжди зберігає рівновагу. Нахили та нерівності поверхні компенсуються в усіх можливих напрямках, перетворюючи транспортний засіб на стабільну платформу. Звичайна швидкість ходу приблизно 3.7 км/год, максимальна 10 км/год. Гусениці представлені на рисунку 11



Рис. 3.1 Гусениці

3.1.2 Маніпулятор

Мінероботи використовують різні типи механічних маніпуляторів, які допомагають їм взаємодіяти з об'єктами та вибуховими пристроями в різних умовах. Ось деякі з основних видів механічних маніпуляторів, які використовуються в мінероботах:

Робочі руки типу "антропоморфні":

Ці маніпулятори моделюють структуру та рухи людських рук та пальців. Вони можуть мати зчленовані сегменти, схожі на кістки та суглоби, і зазвичай мають пальці, які можуть виконувати різні операції, такі як захоплення, стискання, відкривання і обертання.

Маніпулятори типу "промислові":

Ці маніпулятори зазвичай мають більше просту структуру, яка призначена для важких завдань, таких як підняття тяжких об'єктів або видалення великих вибухових пристроїв. Вони можуть бути менше схожими на людські руки і більше сфокусовані на функціональності.

Маніпулятори на основі гідродинаміки:

Деякі мінороботи використовують маніпулятори, які працюють на основі рідин, зазвичай гідравлічної системи. Ці системи можуть забезпечити велику силу і точність у виконанні операцій.

Маніпулятори з голками та іншими інструментами:

Деякі мінороботи обладнані спеціальними інструментами, такими як голки для видалення спричиненого пошкодження або ножі для розмінування мін. Ці інструменти можуть бути прикріплені до маніпуляторів і використовуватися для конкретних завдань.

Маніпулятори з електромагнітами:

Деякі мінороботи можуть мати електромагніти, які дозволяють їм взаємодіяти з металевими об'єктами, такими як міни, за допомогою магнітної сили.

Це лише кілька загальних видів механічних маніпуляторів, і інші можуть бути спеціально розробленими для конкретних потреб та завдань міноробота. Вибір типу маніпулятора залежить від специфікацій завдання та умов роботи.

Для даного робота буде використовуватися промисловий маніпулятор з функцією TCP. TCP означає уявну "центральну точку інструменту" або, простіше кажучи, захват чи руйнівник. До цієї уявної точки в просторі наближається джойстик за допомогою одночасного переміщення великого і вказівного пальців. Інтелектуальна система управління автоматично розраховує осі, необхідні для досягнення бажаної цільової точки. Що це означає для сапера? Перш за все, він економить дорогоцінний час - і чим складніший маршрут до підозрілого об'єкта, тим більше часу він економить. Маніпулятор представлений на рисунку 3.2



Рис. 3.2 Маніпулятор для міноробота

3.2 Вибір датчиків та пристроїв обробки інформації

Для забезпечення стабілізації системи, що є окремою підсистемою, потрібно вибрати два сервопривода для корекції положення системи у двох вимірах, а також акселерометор, гіроскоп та мікроконтролер.

Для виконання необхідних обчислень та стабілізації пристрою у просторі, ми можемо використовувати мікроконтролер Arduino NANO. Плата Arduino Nano 3.0 базується на мікроконтролері ATmega 328 та призначена для програмування автономних мікропроцесорних пристроїв або може підключатися до програмного забезпечення, що виконується на комп'ютері. Робоча напруга мікроконтролера становить 5 В, що дозволяє підключати до нього різні моделі сервоприводів та модулів з акселерометром та гіроскопом.

Для вимірювання положення в просторі ми можемо використовувати компактний та легкий модуль MPU-6050 GY-521. Цей модуль містить 3-х осьовий акселерометр і 3-х осьовий гіроскоп і працює через протокол I2C (TWI). Він ідеально підходить для визначення положення в системах стабілізації, стабілізації прямолінійного руху та руху по заданій траєкторії. Цей модуль легко можна підключити до цифрових портів Arduino NANO, що дозволить нам отримувати інформацію про відхилення пристрою відносно встановленого положення.

Для отримання більш точних даних від металошукача та камери, рекомендується використовувати потужні сервоприводи, наприклад, модель

MG996. Це моторизовані серводвигуни з металевими приводами, які можна керувати аналоговою мікросхемою через цифровий порт Arduino. Вони можуть працювати при напрузі 4,6 В або 6 В, і при 6 В мають робочу швидкість 60° за 0,13 секунди та пусковий момент 11 кг. Мають повний обертовий кут 180°.

Для обробки даних з датчиків та створення мапи місцевості для пошуку ВНО рекомендується використовувати одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4. Raspberry Pi 4 має високопродуктивний 64-розрядний чотирьохядерний процесор Broadcom BCM2711, підтримує відеодекодування в 4Кр60, і доступно варіанти з 1 до 4 ГБ оперативної пам'яті LPD 2400 SDRAM. Ця платформа має дві бездротові мережі на 2,4 та 5,0 ГГц, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, два порти USB 3.0 та два порти USB 2.0.

На Raspberry Pi 4 також є стандартний 40-контактний роз'єм GPIO, два порти камери MIPI CSI і два порти дисплея MIPI DSI. Живлення може здійснюватися через роз'єм USB-C або через роз'єм GPIO, а також можливе живлення через PoE за допомогою модуля PoE HAT.

Для забезпечення безпечного зв'язку оператора з системою через WI-FI мережу можна використовувати Realtek rtl8188ftv Wireless Lan 802.11n USB 2.0 Network adapter, який дозволить забезпечити бездротовий зв'язок на відстані до 200 метрів.

Отже, використання цих компонентів допоможе покращити точність та можливості системи для пошуку ВНО.

Для збору інформації про теплове зображення території, де проводять пошуки ВНО, рекомендується використовувати інфрачервону камеру Seek Thermal Compact PRO. Ця камера має розрядність 320 пікселів x 240 пікселів і компактні розміри 44 мм x 25 мм x 25 мм. З її допомогою можна створювати теплові карти місцевості під час пошуку ВНО з використанням БПЛА. Кут огляду становить 24 градуси по горизонталі та 32 градуси по вертикалі, що забезпечує якісне теплове зображення на відстані від 1 до 1,20 метрів від поверхні землі.

Для порівняння та отримання більш точної інформації про наявність ВНО в певній області можна додати звичайну камеру Raspі CAM v2, яка підключається до одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4. Ця камера має 8-мегапіксельний сенсор Sony IMX219 з фіксованим фокусом і працює з усіма моделями Raspberry Pi. Вона дозволяє знімати статичні фотографії з роздільною здатністю 3280x2464 пікселів і відео в різних режимах. Таких камер використаємо 3 штуки. Одна знаходиться на передній панелі міноробота, друга позаду і третя розташована безпосередньо на маніпуляторі

Для виявлення ВНО на поверхні та під землею важливо використовувати металошукач, який складається з плати QUASAR ARM та котушки DD 30X32. Ця система має робочу частоту 6,8 кГц і дозволяє виявляти металеві об'єкти на відстані до 40 сантиметрів у глибину при відстані котушки від землі не більше ніж на 10 сантиметрів. Точність виявлення залежить від розміру об'єкта, і система живиться від джерела 6 В та споживає струм 320 мА.

Для визначення переміщення пристрою у просторі та створення карти місцевості в режимі онлайн рекомендується використовувати модуль MPU-6050 GY-521, який об'єднує в собі акселерометр і гіроскоп. Цей модуль дозволяє реєструвати рухи та відхилення пристрою відносно встановленого положення [7].

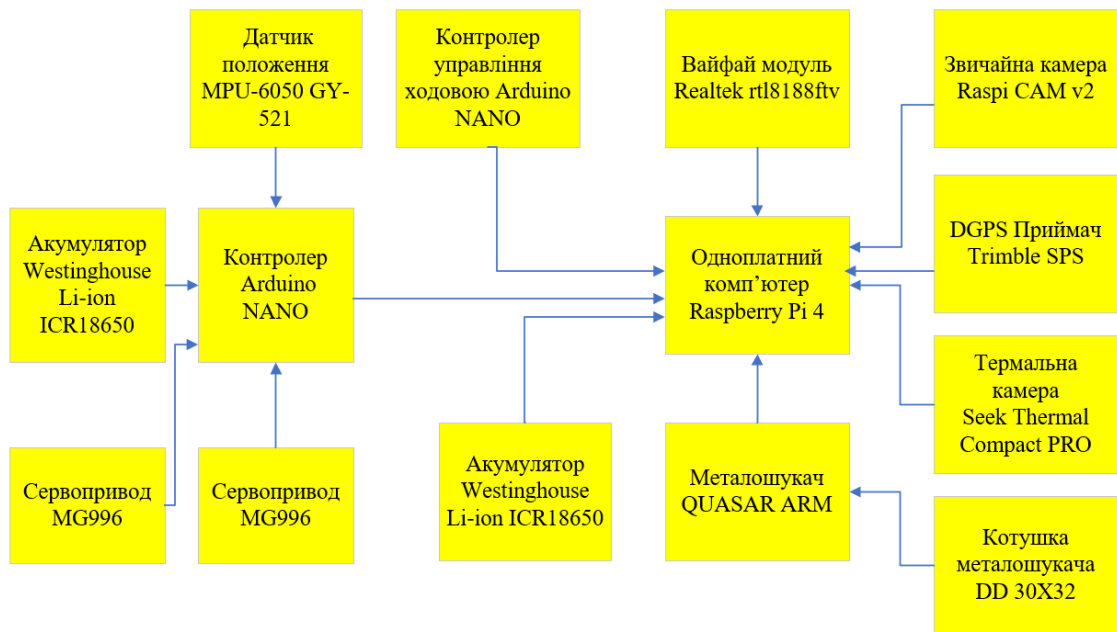


Рис. 3.3 Схема взаємодії обраних модулів системи

У цій схемі Raspberry Pi 4 виступає як центральний обчислювальний вузол, який приймає дані від інфрачервоної камери Seek Thermal Compact PRO, звичайної камери Raspri CAM v2 та металошукача QUASAR ARM. Також Raspberry Pi може взаємодіяти з іншими додатковими компонентами.

Мікроконтролер Arduino NANO відповідає за керування сервоприводами для корегування положення системи на основі інформації з гіроскопа та акселерометра MPU-6050 GY-521. Ардуіно і Raspberry Pi можуть спілкуватися через з'єднання, що не відображені на цій схемі.

Ця схема дозволить зібрати дані від різних датчиків та камер, обробити їх на Raspberry Pi 4 і коригувати положення системи за допомогою мікроконтролера Arduino NANO.

3.3 Створення структурної схеми

На основі вище обраних деталей для мінороботу можна скласти його структурну схему. Вона показана на рисунку 14

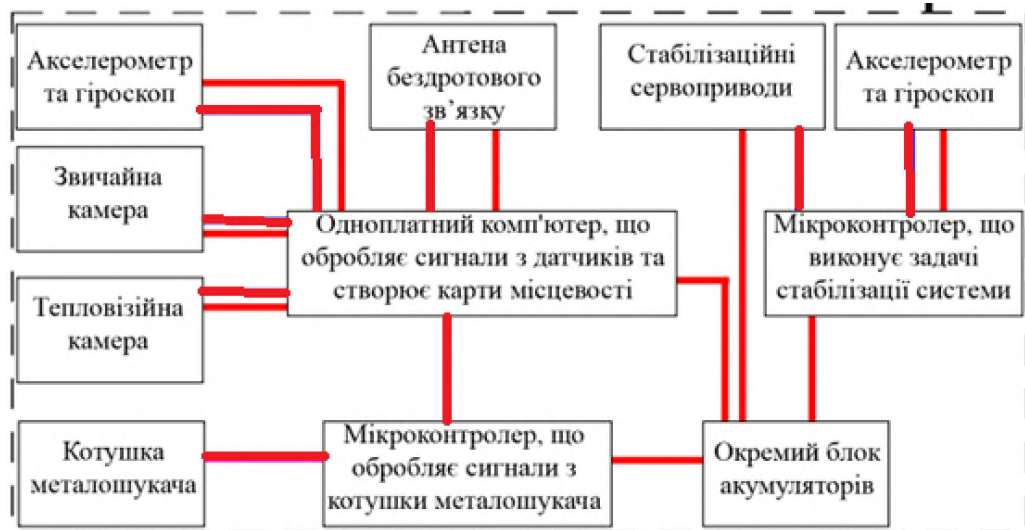


Рис. 3.4 Структурна схема взаємозв'язку між модулями

Для розробки системи виявлення ВНО необхідно мати металошукач та тепловізійну камеру. У ролі металошукача рекомендується використовувати готову котушку. Важливо розмістити котушку на відстані не менше 30 сантиметрів від БПЛА та мікроконтролерів системи. В іншому випадку існує ризик вийняти з ладу мікроконтролери, вплинути на передачу даних або завдати шкоди БПЛА оператором.

Важливо також дотримуватися невеликої відстані між поверхнею землі та котушкою металошукача, яка не повинна перевищувати 20 сантиметрів. В іншому випадку металодетектор може ігнорувати об'єкти, які знаходяться під землею. Очікується, що оператор матиме прямий зоровий контакт з пристроєм, що дозволить виправити ситуацію, якщо котушка металошукача буде розташована занадто високо від поверхні землі.

Для розробки системи виявлення ВНО важливо мати якісну тепловізійну камеру високого розрішення, розташовану поруч зі звичайною камерою з таким же ракурсом. Це надає оператору можливість ефективно порівнювати дані з датчиків з реальним виглядом місцевості для точніших

висновків, особливо коли вибухонебезпечний об'єкт розташований на поверхні землі.

Безпечність для життя та здоров'я оператора є найважливішою. Це досягається забезпеченням безпечної відстані між оператором та місцем виконання пошукових робіт за допомогою бездротового зв'язку на відстані від 100 метрів до 1 км.

Для забезпечення стабільності положення системи з датчиками важливо використовувати систему з двома стабілізуючими двигунами та модулем із акселерометром та гіроскопом. Це дозволяє компенсувати відхилення БПЛА від перпендикулярного положення відносно земної поверхні під час збору даних.

Для ефективності та зручності оператора, система повинна надавати можливість запису та відображення даних у зручній формі. Створення карти з відображенням отриманих та оброблених даних у певних ділянках пройденого шляху є доцільним. Це дозволить зберігати всі отримані дані та відображати їх у формі зображень разом із відомостями про рух системи у просторі для зручної обробки та аналізу оператором.

Використовуючи додатковий модуль, окремий від стабілізуючого, з акселерометром та гіроскопом, система може точно фіксувати кут повороту та швидкість переміщення. Ці дані будуть достатньо для створення карти, де стартовою точкою відліку позиції буде положення системи у просторі на початку старту програми виявлення.

Цей модуль допоможе збирати інформацію про рух системи та використовувати її для створення детальної карти місця виконання пошукових робіт. Такий підхід дозволить оператору більш ефективно контролювати та аналізувати рух системи та об'єкти, які виявляються.

Для збору та обробки даних з обраних датчиків в системі виявлення ВНО використовується мікроконтролер для котушки металошукача та одноплатний комп'ютер для тепловізійної камери. Ці компоненти

відповідають за опитування датчиків та подальшу обробку отриманих даних перед їх передачею користувачу.

Для забезпечення автономної роботи та універсальності системи використовується окремий блок акумуляторів для живлення усіх компонентів системи.

Щоб уникнути можливості створення перешкод та шумів, вирішено використовувати неметалеві трубки для каркасу та розташування котушки на відстані 1 метра 20 сантиметрів від універсальної хрестовини. Універсальна хрестовина дозволяє легко підключити систему до будь-якого БПЛА, який відповідає вимогам щодо вантажопід'ємності та має достатньо місця для жорсткого кріплення.

Для отримання якісних зображень з обох камер, без впливу котушки, вирішено розмістити блок камер на відстані 70 сантиметрів від кріплення котушки та на висоті 1 метра над поверхнею землі. Це забезпечить якісні фотографії місцевості з обох камер.

Стабілізуючий модуль із акселерометром та гіроскопом встановлено на частині конструкції, яка потребує стабілізації, а саме, на блоку камер та котушці металошукача. Інші блоки приймають положення, аналогічне положенню БПЛА.

Другий модуль із акселерометром та гіроскопом, який надає дані про поворот системи та швидкість переміщення, може бути встановлений на хрестовині або на блоку керування, в залежності від доцільності та потреб системи [8].

3.4 Розрахунок часу автономної роботи та вибір джерела живлення

Для забезпечення достатнього часу автономної роботи пристрою варто вибрати акумуляторні батареї з урахуванням потреб живлення всіх пристроїв, які споживатимуть енергію.

Оскільки для більш точної обробки сигналів з металошукача використовується комбінація котушки DD 30X32 та плати QUASAR ARM,

рекомендовано відокремити лінію живлення для цієї системи від виходів Raspberry Pi 4 та підключити живлення плати QUASAR ARM безпосередньо до джерела живлення. Це допоможе забезпечити стабільне та надійне живлення для системи металошукача, що є важливим для точності обробки сигналів та виключення можливості виникнення перешкод в роботі.

Для забезпечення належного періоду автономної роботи пристрою варто обрати акумуляторні батареї, враховуючи потреби живлення всіх пристроїв, які вимагатимуть енергії.

Оскільки для отримання більш точної обробки сигналів з металошукача використовується комбінація котушки DD 30X32 та плати QUASAR ARM, рекомендується відокремити живлення для цієї системи від виходів Raspberry Pi 4 та підключити живлення плати QUASAR ARM безпосередньо до джерела живлення. Це гарантуватиме стабільне та надійне живлення для системи металошукача, що має важливе значення для точності обробки сигналів та для уникнення можливих перешкод у роботі. На основі цих даних створюємо таблицю

Таблиця 5 Показники струму та напруги

Назва споживача	Допустима напруга U	Споживаний струм I
MPU-6050 GY-521	3-5	4
USBWi-Fi RTL8188FTV	5	200
Raspberry pi 4 +	5-7	100
MG996	4.8-7.2	500-900
Seek Thermal Compact PRO	5	300
Raspi CAM v2	5	250
Arduino nano	5	20
QUASAR ARM + DD 30X32	7.5	280

Загальне споживання елементів системи є сума споживання всіх елементів схеми розраховується за допомогою формули:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (1)$$

де I – загальне споживання струму у системи;

I_1, I_2, \dots, I_n – споживання струму окремих елементів системи.

Модулі USB Wi-Fi RTL8188FTV, MPU-6050 GY-521, Seek Thermal Compact PRO та Raspі CAM v2 підключаються до одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4 разом із його живленням. Це означає, що під час розрахунку загального споживання струму одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4 необхідно враховувати всі під'єднані до нього периферійні пристрої. За допомогою цієї інформації ми можемо обчислити загальний струм споживання одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4 за допомогою формули (1) та даних з таблиці 4.

$$250 + 300 + 200 + 100 + 4 = 854 \text{ мА.}$$

Тобто споживаний струм одноплатного комп'ютера Raspberry pi 4 із усіма під'єднаними до нього модулями дорівнює 854 мА.

Також необхідно розрахувати споживання струму плати Arduino Nano та модуля MPU-6050 GY-521 в системі стабілізації, аналогічно до розрахунку для одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4, використовуючи формулу (1) та дані з таблиці 4. Іншими словами, модуль MPU-6050 GY-521 під'єднаний до плати Arduino Nano, і споживаний струм Arduino Nano є сумою споживаного струму плати Arduino Nano та модуля MPU-6050 GY-521.

$$20 + 4 = 24 \text{ мА.}$$

Тобто споживаний струм одноплатного комп'ютера Arduino nano із усіма під'єднаними до нього модулями дорівнює 24 мА, що є дуже малим значенням.

Маючи на увазі вимогу щодо струму, який споживають сервоприводи MG996 - 900 мА, підключення їх до плати Arduino Nano не є безпечним і рекомендується використовувати окремий джерело живлення.

Для визначення необхідності окремого джерела живлення для сервоприводів, потрібно розрахувати їх споживання струму, використовуючи формулу для розрахунку загального споживаного струму системи (формула 1) та дані з таблиці 4:

$$900 + 900 = 1800 \text{ мА.}$$

Споживання струму сервоприводів дорівнює 1800 мА при великому навантаженні. Обрані максимальні значення споживання для запобігання передчасної розрядки акумулятора.

В якості джерела живлення обрана модель акумулятора Westinghouse Li-ion ICR18650, який має вихідну напругу 3,7 В та ємність 3000 мА/год. Максимальна напруга акумулятора при повному заряді становить 4,2 В, а при повному розряді - 2,75 В. Для всіх пристроїв, які використовуються в системі, потрібна живлення напругою 5 В та вище. Послідовне підключення однакових акумуляторів призводить до підвищення вихідної напруги згідно з формулою (2).

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (2)$$

де U – загальна напруга на виході блоку акумуляторів;

$U_1, 2, \dots, n$ – напруга кожного акумулятора, що підключено послідовно.

При цьому ємність акумуляторів залишається незмінною. З використанням формули (2) проведемо розрахунок необхідної кількості акумуляторів. Для цього потрібно розділити потрібну напругу 5 В на напругу одного акумулятора (3,7 В) і округлити отримане значення до ближчого цілого числа:

$$5/3,7 = 1,351 \text{ В.}$$

Округливши 1,351 до більшого цілого значення після розрахунку потрібної кількості акумуляторів отримаємо 2, тобто нам потрібно 2 акумулятори напругою 3,7 В. Отримана напруга на виході акумуляторного блоку із двох паралельно з'єднаних акумуляторів буде дорівнювати:

$$3,7 + 3,7 = 7,4 \text{ В.}$$

Отримане значення напруги, яке становить 7,4 В, є занадто високим для плати Arduino Nano та одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4. Пряме підключення до цієї напруги може призвести до пошкодження обох пристроїв. Для того, щоб понизити напругу до допустимих 5 В, необхідно використовувати понижаючий перетворювач LM2596S DC-DC 3А, який має можливість регулювання вихідної напруги від 1,25 В до 35 В при вхідному діапазоні від 4,5 В до 40 В. Коефіцієнт корисної дії (КПД) пристрою при пониженні напруги з 7,4 В до 5 В становить приблизно 92 %.

До виходу цього перетворювача можна підключити плату Arduino Nano та одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4 з усією периферією, за винятком плати QUASAR ARM та котушки DD 30X32. Останні дві компоненти будуть під'єднані безпосередньо до акумуляторів. Загальне споживання струму такої системи буде дорівнювати сумі споживання струму плати Arduino Nano, одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4, плати QUASAR ARM та котушки DD 30X32, розрахованій за формулою (1)

$$854 + 24 + 280 = 1158 \text{ мА}$$

Розрахувати потужність схеми можна за формулою 3

$$P = I_1 * U_1 + I_2 * U_2 + \dots + I_n * U_n \quad (3)$$

де $I_1, 2, \dots, n$ – загальне споживання струму системи 1, 2, ..., n;

$U_1, 2, \dots, n$ – загальна потреба напруги у системі 1, 2, ..., n.

Тобто потужність акумуляторного блоку за формулою (3) дорівнює:

$$P_{\text{акум}} = 7,4 \cdot 3 = 22,2 \text{ Вт/год.}$$

Потужність плати Arduino nano, одноплатного комп'ютера Raspberry pi 4 та плати QUASAR ARM та котушки DD 30X32 за формулою (3)

$$P_{\text{плат}} = 5 \cdot 0,878 + 7,4 \cdot 0,28 = 6,462 \text{ Вт.}$$

Формула для розрахунку наближеного до дійсного часу автономної роботи споживача від акумулятора (4)

$$t = \frac{P_{\text{акум}}}{P_{\text{спож}}} \quad (4)$$

де t – наближеного до дійсного часу автономної роботи споживача;

$P_{\text{акум}}$ – потужність акумулятора;

$P_{\text{спож}}$ – потужність споживача.

Щоб наближено розрахувати час автономної роботи схеми, використовуючи один повністю заряджений акумулятор, потрібно поділити потужність акумулятора на потужність схеми, використовуючи формулу (4).

$$t_{\text{плат}} = 22,2/6,462 = 3,435 \text{ год.}$$

Тобто від двох акумуляторів з потужністю 22,2 Вт/год, плата Arduino Nano, одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4, і плата QUASAR ARM з котушкою DD 30X32 матимуть живлення для роботи приблизно 3 години 20 хвилин.

Для підключення сервоприводів буде використовуватися окремий блок із двох акумуляторів Westinghouse Li-ion ICR18650, які також мають напругу 7,4 В та потужність 22,2 Вт/год. Це обумовлено можливими перешкодами для сигналів з датчиків під час роботи сервоприводів та їх підвищеними вимогами до живлення, а саме більшою напругою та споживанням струму.

Для розрахунку часу автономної роботи сервоприводів від окремого блоку акумуляторів потрібно визначити потужність сервоприводів за допомогою формули (3).

$$P_{\text{серв}} = 7 \cdot 1,800 = 12,6 \text{ Вт}$$

Розрахуємо час, протягом якого сервоприводи можуть працювати від блоку акумуляторів, аналогічно до розрахунку часу автономної роботи споживача від акумулятора (за формулою (4)):

$$t_{\text{плат}} = 22,2/12,6 = 1,76 \text{ год.}$$

Таким чином, від двох акумуляторів з потужністю 22,2 Вт/год два сервоприводи MG996 матимуть живлення для роботи приблизно 1 годину і 45 хвилин.

Загальний час автономної роботи системи обирається як найменший час роботи одного з окремих компонентів системи. Порівнюючи час автономної роботи плати QUASAR ARM, одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4 та плати Arduino Nano з часом автономної роботи сервоприводів MG996. 1 година 45 хвилин менше за 3 години 20 хвилин. Тобто, якщо обраний для системи мінеробота має час автономної роботи більший, ніж сервоприводи, то час автономної роботи системи без заміни або зарядження акумуляторів може вважатися 1 година 45 хвилин.

Для забезпечення автономної роботи системи протягом 1 години 45 хвилин використовуються 2 блоки акумуляторів, що містять 2 акумулятори Westinghouse Li-ion ICR18650, що видають напругу 3,7 В та мають ємність 3000 мА/год [9].

3.5 Розроблення алгоритму роботи автоматизованої системи

Система пошуку ВНО складається із двох окремих компонентів. Перший компонент працює на основі плати Arduino nano та відповідає за стабілізацію відносно початкового положення. Другий компонент управляється одноплатним комп'ютером Raspberry Pi 4, зчитує дані з різних датчиків, обробляє їх, створює 2D карту місцевості для подальшого пошуку ВНО та аналізує її.

Перший компонент, який відповідає за стабілізацію, активується при ввімкненні живлення для плати Arduino nano. Після цього оператор має 5 секунд, щоб відрегулювати положення системи так, щоб котушка металошукача була перпендикулярно до поверхні, яка буде перевірятися на наявність ВНО. Після закінчення цього періоду очікування, система зчитує поточні дані з акселерометра та гіроскопа і запам'ятовує положення датчиків.

Після цього система починає опитувати акселерометр та гіроскоп, розраховує кути відхилення та порівнює їх з початковими значеннями. Якщо виявляється відхилення, система автоматично компенсує його, використовуючи сервоприводи. Виконання опитування, розрахунку та

корегування відбувається на кожному кроці з інтервалом 0,03 секунди (при допустимій частоті опитування модуля в 0,01 секунди). У випадку, якщо стабілізація не пройшла успішно або оператор не встиг налаштувати систему відповідно до вимог, систему слід вимкнути і повторити корегування. Алгоритм виконується неперервно до моменту вимкнення системи або до того, як батарея розрядиться.

Згідно з описаним алгоритмом, розробимо блок-схему для системи стабілізації положення датчиків.

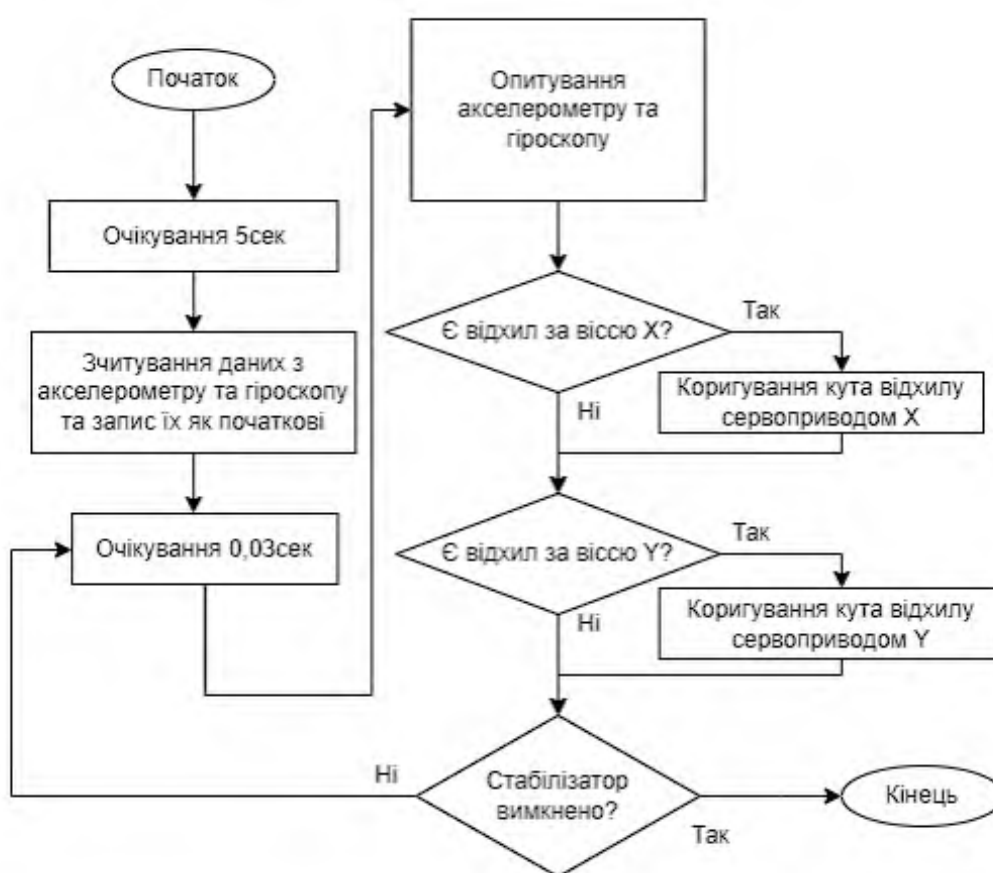


Рис. 3.5 Блок-схема алгоритму системи стабілізації положення датчиків

Система, яка керується одноплатним комп'ютером Raspberry Pi 4 та зчитує дані з датчиків, обробляє їх, створює 2D карту місцевості для подальшого пошуку та аналізує її, відрізняється від системи стабілізації більш складним алгоритмом.

На одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4 буде встановлена операційна система Windows 10, яка підтримує підключення до зовнішнього робочого

столу. Оператор може підключитися зі свого ноутбука до віддаленого робочого столу Raspberry Pi 4 через бездротовий зв'язок та запустити віконний програмний додаток для створення 2D карти та ініціювати виконання алгоритму.

Роботу алгоритму цієї системи можна розділити на два основних блоки: блок створення карти та блок аналізу карти.

Алгоритм створення карти розпочинається, коли оператор натискає кнопку "Почати створення карти місцевості". На екрані з'являються два курсори: круглий курсор відображає сигнали металошукача, а квадратний курсор створює карту, використовуючи дані з обох камер. Також відкривається вікно із пропозицією вибору одного з двох режимів роботи тепловізійної камери: зростання температури (ранок, день) та падіння температури (вечір, ніч). Ці дані зберігаються у файлі, який використовується як параметр для подальшого аналізу теплового зображення місцевості.

Процес створення карти поділений на три окремі потоки:

1. Перший потік опитує акселерометр та гіроскоп кожні 30 мілісекунд і розраховує кут відхилення системи та прискорення на основі отриманих даних. Потім він змінює кут повороту та положення пристрою, відображаючи їх на екрані у вигляді курсорів.

2. Другий потік перевіряє, чи є дані про звичайне та теплове зображення місцевості у курсорі на повній площі. Якщо таких даних не має в більш ніж 30% області курсору з камер, він отримує відповідні зображення та розміщує їх у положенні курсору.

3. Третій потік опитує порт виводу даних металошукача кожні 100 мілісекунд та перезаписує зображення у курсорі металошукача. Він надає перевагу сигналу, що свідчить про виявлення металевого або металовмісного об'єкту.

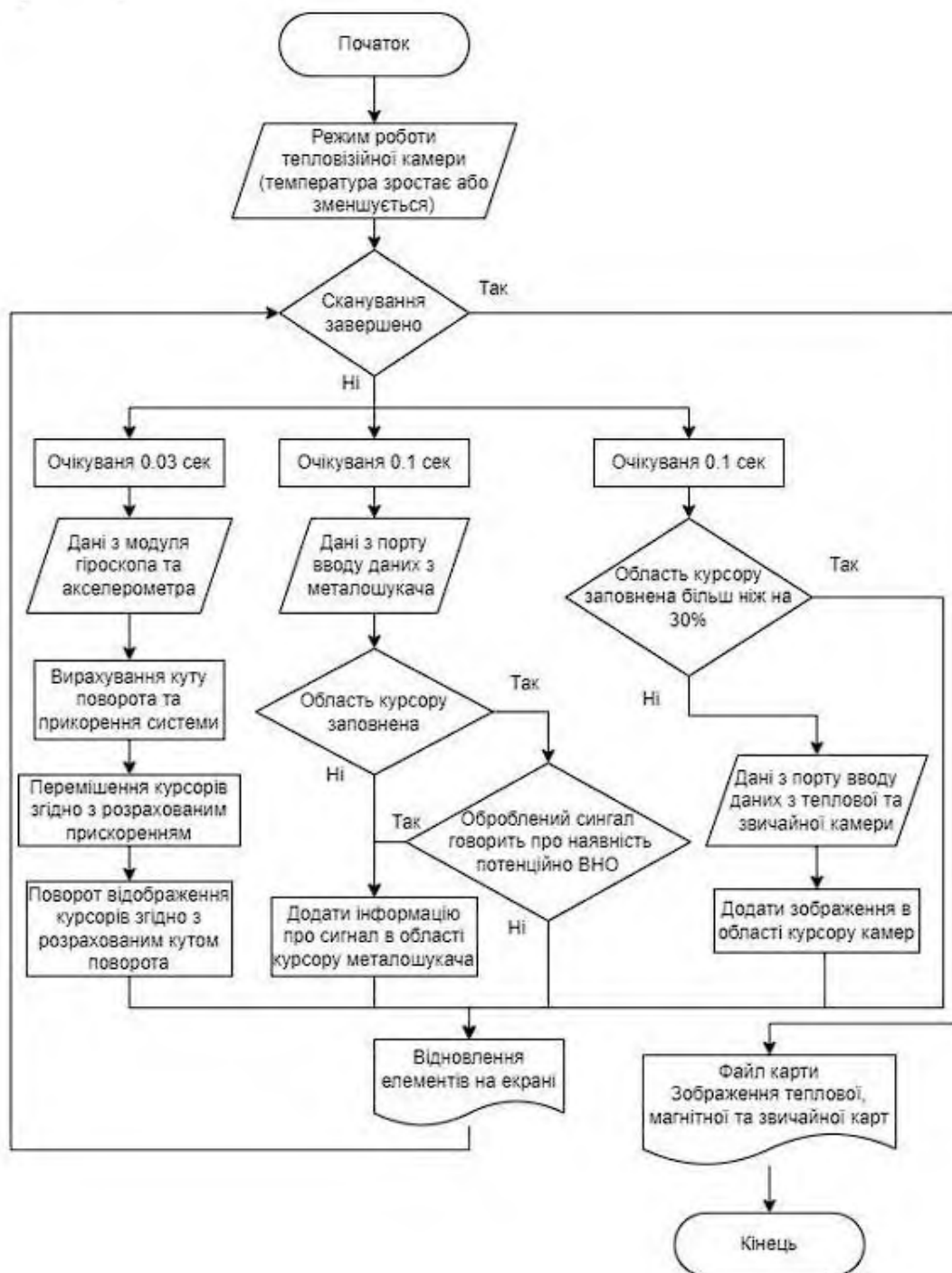


Рис. 3.6 Блок-схема алгоритму створення карт

Робота алгоритму аналізу карти розпочинається тоді, коли оператор натискає кнопку "Виконати аналіз створеної карти" та обирає карту для подальшого аналізу з уже створених карт.

Алгоритм завантажує обрану карту в систему та, якщо необхідні карти відсутні, генерує відповідну помилку. Для аналізу дуже важливі три типи карт: фотографічна, теплова та магнітна.

Спочатку всі карти перетворюються на однаковий розмір. У програмному додатку всі карти представлені як масиви пікселів. Далі отримується інформація про обраний оператором режим тепловізора, використовуваного при створенні карти. Потім розпочинається цикл обробки обох карт піксель за пікселем.

Спочатку обробляється піксель магнітної карти, оскільки вона відзначена лише синім кольором. Кожен піксель уявляється як частина тривимірного масиву, де третій вимір відображає піксель. Піксель містить інформацію про три значення: R (червоний колір), G (зелений колір) та B (синій колір). Для магнітної карти обробка є відносно простою, оскільки вона включає в себе тільки синій колір. Значення B (синій) пікселя копіюється на маску карти можливого знаходження ВНО, яка створюється на даному етапі. Ця маска відображає рівень сигналу, отриманого від металошукача, на певних ділянках місцевості.

Аналіз теплової карти представляє собою більш складний алгоритм. Тепловізійна камера перетворює тепловий знімок відповідно до градієнтної кольорової шкали температур.



Рис. 3.7 – Градієнтна кольорова шкала температур тепловізійної камери

3.6 Дистанційне керування комплексом

Дистанційне керування комплексом здійснюється оператором. Пульта керування показаний на рисунку 18



Рисунок 3.8 Структурна схема пульта керування

Оператор отримує інформацію з двох джерел перший це вайфай модуль Realtek і другий це DGPS приймач Trimble який показаний на рисунку 13 у структурній схемі бортового обладнання .

Інформація надходить на пульт дистанційного керування з вайфай модулю, цей сигнал передається на контролер, контролер в свою чергу виводить зображення на два монітори, перший для відслідковування переміщення, зображення передається з бортової камери, другий монітор для створення карти яка заснована на роботі DGPS приймача. Оператор бачить зображення того, що знаходиться перед комплексом та здійснює керування за допомогою джойстика та клавіатури. Всю схему живить блок живлення.

Дальність роботи залежить від дальності прийому вайфай сигналу модуля, в даному випадку така дальність 3 кілометри. Точність визначення

місцяположення робота та вибухонебезпечних предметі залежить від DGPS трекеру, його точність до 2 метрів.

3.7 Проведення моделювання

Для проведення експериментів за допомогою створеної програми для аналізу теплової, фотографічної та магнітної карти, було вирішено створити дві карти місцевості з прихованими об'єктами, які нам потрібно виявити (ВНО). Для кожної карти буде проведено два експерименти, отже загалом планується проведення чотирьох експериментів.

В якості відкритої місцевості для першого та другого експерименту було обрано зображення галявини, покритої травою. На цьому зображенні розташовано 15 ВНО (див. рис. 19, а), з яких 4 можна виявити тільки за допомогою тепловізійної камери, і 2 ВНО, які можна виявити тільки за допомогою металошукача. Для зручності оцінки результатів експериментів, ВНО на зображеннях буде сховано (див. рис. 19, б).



а)



б)

а) карта з ВНО, б) карта з прихованими ВНО

Рис. 3.9 Оригінальні зображення першого та другого експерименту

Для проведення першого та другого експерименту було створено одну магнітну карту (див. рис. 19) на основі карти місцевості, на якій було

знайдено 11 ВНО. Також були створені дві теплові карти (див. рис. 20), які подібні до тих, які могли б бути створені автоматизованою системою пошуку та виявлення потенційних ВНО. На цих теплових картах було знайдено 13 ВНО.

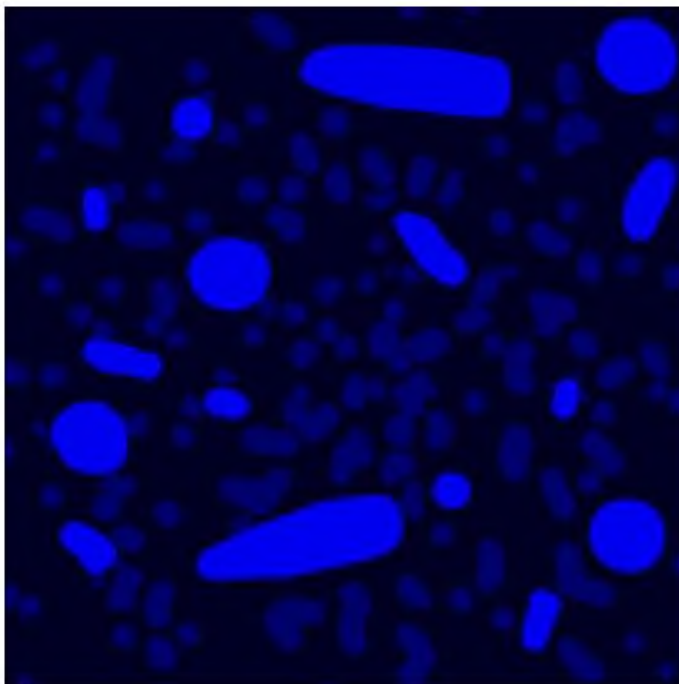


Рис. 3.10 Магнітна карта першого та другого експериментів

Перший та другий експерименти відрізняються за режимом роботи тепловізійної камери. Для першого експерименту була створена тепла карта, яка відповідає умовам першого режиму роботи тепловізійної камери (див. рис. 21, а). У цьому режимі температура навколишнього середовища збільшується. Тобто карта була створена з урахуванням зростання температури навколишнього середовища, що симулює проведення пошукових робіт вранці та ближче до полудня.

Для другого експерименту була створена карта, яка відповідає умовам другого режиму роботи тепловізійної камери (див. рис. 21, б). У цьому режимі температура навколишнього середовища зменшується. Тобто карта була створена з урахуванням падіння температури навколишнього

середовища, що симулює проведення пошукових робіт після полудня, вечором та ближче до ночі.

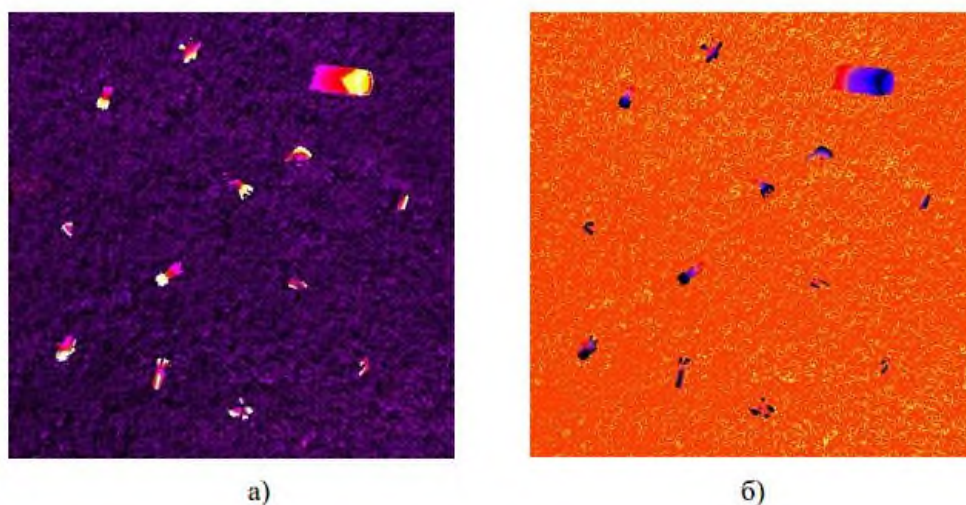


Рис. 3.11 Температурні карти першого та другого експериментів:

а) теплова карта, що відповідає умовам першого режиму роботи тепловізійної камери, б) теплова карта, що відповідає умовам другого режиму роботи тепловізійної камери

Для третього та четвертого експериментів в якості відкритої місцевості було обрано зображення поля, покритого ґрунтом. На цьому зображенні розташовано 20 ВНО (див. рис. 22, а), з яких 4 можна виявити тільки за допомогою тепловізійної камери, і 7 ВНО, які можна виявити тільки за допомогою металошукача. Для зручності оцінки результатів експериментів, ВНО на зображеннях буде сховано (див. рис. 22, б).



Рис. 3.12 – Оригінальні зображення першого та другого експерименту:

а) карта з ВНО, б) карта з прихованими ВНО

Для виконання першого та другого експериментів було створено одну магнітну карту (див. рис. 23) на основі карти місцевості, на якій було знайдено ВНО, а також дві теплові карти (див. рис. 23), подібні до тих, які могли б бути створені автоматизованою системою пошуку та виявлення потенційних ВНО. На цих теплових картах було знайдено 13 ВНО.

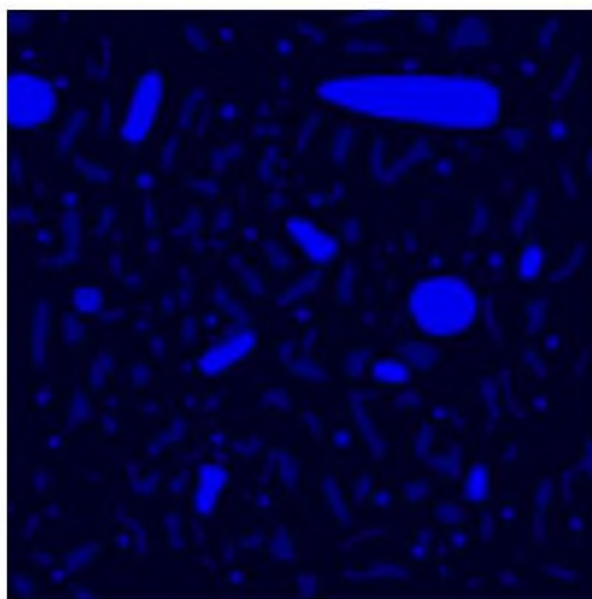


Рис. 3.12 – Магнітна карта першого та другого експериментів

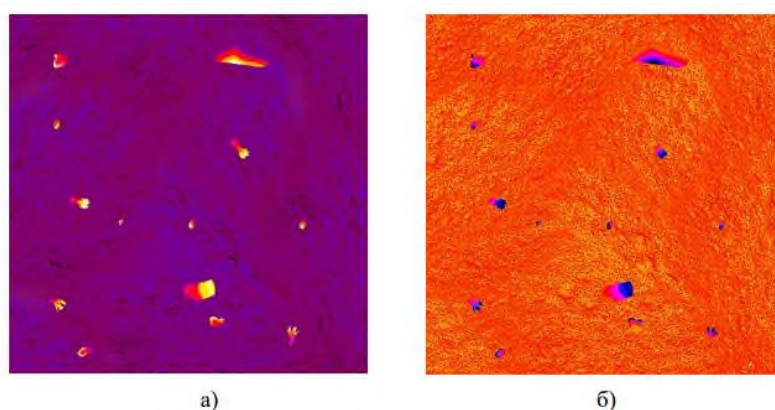


Рис. 3.13 – Температурні карти першого та другого експериментів:
а) теплова карта, що відповідає умовам першого режиму роботи тепловізійної камери, б) теплова карта, що відповідає умовам другого режиму роботи тепловізійної камери

Аналіз результатів

Отримані маски та карти є результатом аналізу створених фотографічних, магнітних та температурних карт у вибраному режимі тепловізора. Для зручності аналізу оператором, який буде проводити пошук ВНО, маски подаються у чорно-білому форматі, і на обробленій фотографічній карті ділянки, де не було виявлено потенційних ВНО, виділені червоним кольором. Таким чином, досягнута підвищена контрастність та чіткість масок та карт.

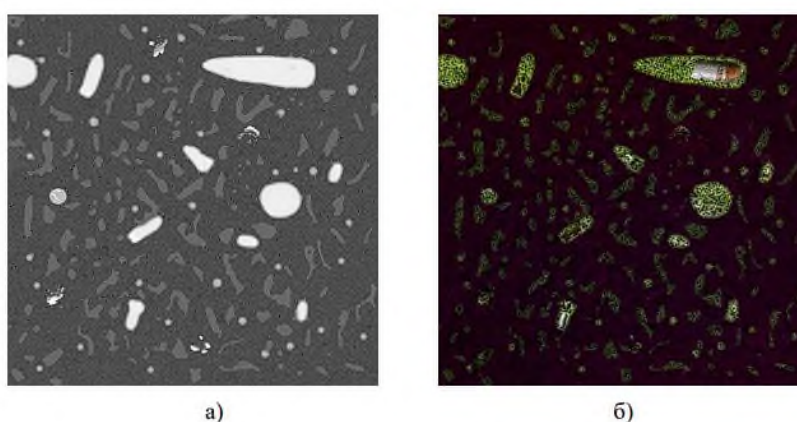


Рис. 3.14 Результат проведення першого експерименту:

а) маски карти можливого знаходження ВНО, б) карта можливого знаходження ВНО

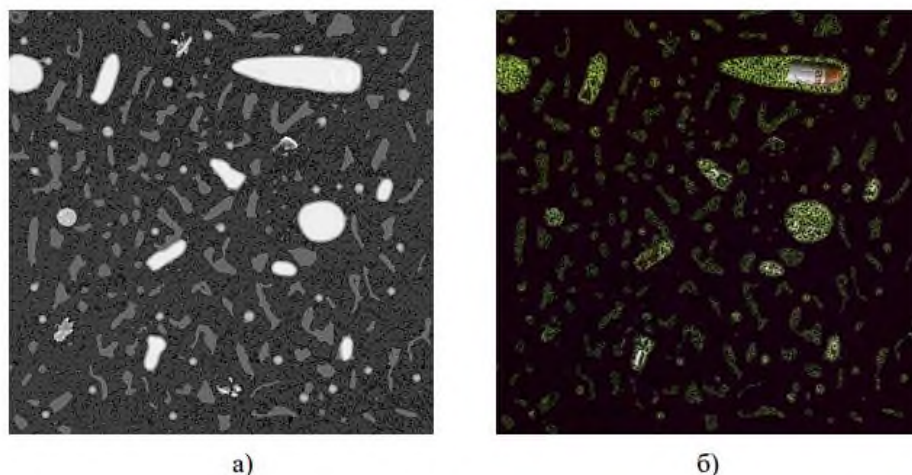


Рис. 3.15 Результат проведення другого експерименту:

а) маски карти можливого знаходження ВНО, б) карта можливого знаходження ВНО

знаходження ВНО

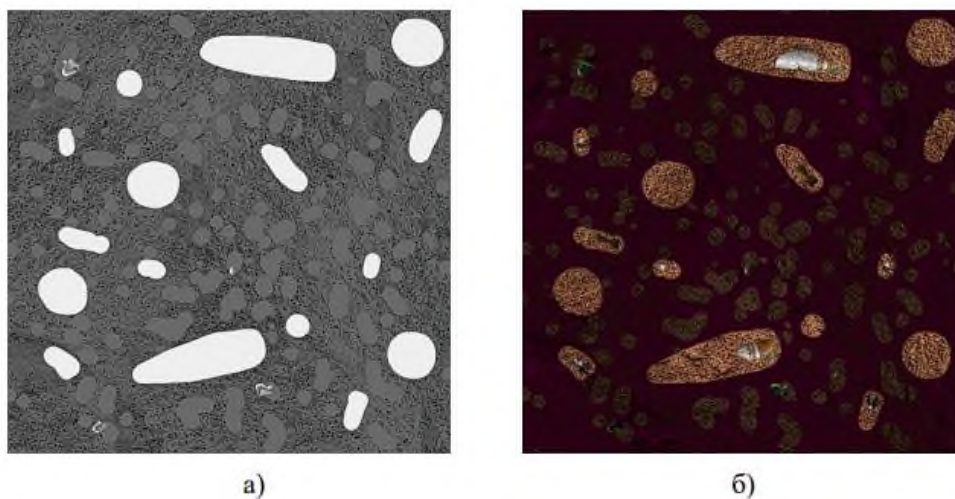


Рис. 3.16 – Результат проведення третього експерименту:
а) маски карти можливого знаходження ВНО, б) карта можливого
знаходження ВНО

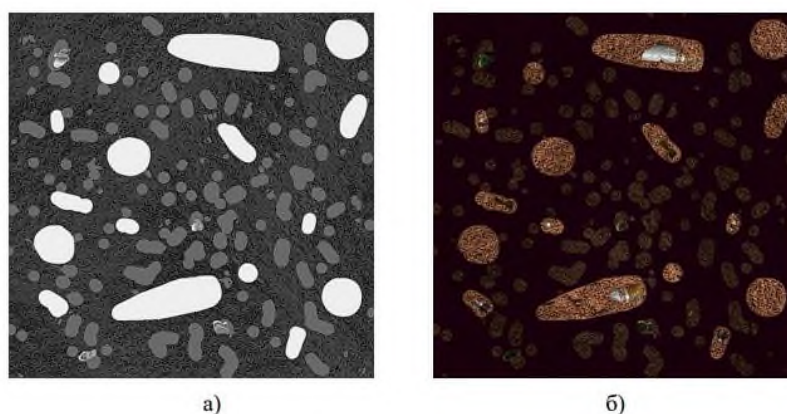


Рис. 3.17 – Результат проведення четвертого експерименту:
а) маски карти можливого знаходження ВНО, б) карта можливого
знаходження ВНО

В першому експерименті в якості вхідних даних були використані фотографічна карта, температурна карта, магнітна карта та режим роботи тепловізійної камери під час створення карт автоматизованою системою пошуку потенційних ВНО, а саме режим "Зростання температури".

Отримані карта мають достатньо високий контраст, щоб оператор міг виділити ділянки із знайденими потенційними ВНО під час порівняння.

Загалом було виділено 15 ділянок, що свідчить про успішну роботу програмного додатку у виконанні завдання обробки карт та виділення всіх ділянок, де можуть бути сховані ВНО для першого експерименту.

У другому експерименті в якості вхідних даних була використана фотографічна карта з першого експерименту. Для перевірки роботи другого режиму була використана інша температурна карта та інший режим роботи тепловізійної камери, а саме режим "Падіння температури".

Отримані карта та маска також мають достатньо високий контраст для виділення ділянок з потенційними ВНО. У цьому експерименті також було виділено 15 ділянок, що свідчить про успішну роботу програмного додатку.

У третьому експерименті в якості вхідних даних були використані фотографічна, температурна та магнітна карта для нової місцевості, а режим роботи тепловізійної камери під час створення карт автоматизованою системою пошуку потенційних ВНО було обрано такий самий, як і для першого експерименту, а саме "Зростання температури".

Отримані карта та маска також мають достатньо високий контраст для виділення ділянок з потенційними ВНО. У цьому експерименті було виділено 20 ділянок, що свідчить про успішну роботу програмного додатку.

У четвертому експерименті в якості вхідних даних були використані фотографічна карта та магнітна карта для третього експерименту. Для перевірки роботи другого режиму була використана інша температурна карта та інший режим роботи тепловізійної камери, а саме режим "Падіння температури".

Отримані карта та маска також мають достатньо високий контраст для виділення ділянок з потенційними ВНО. У цьому експерименті було виділено 20 ділянок, що свідчить про успішну роботу програмного додатку.

Висновок по 3 розділу

Були визначені категорії об'єктів, які можуть бути виявлені за допомогою автоматизованої системи для виявлення можливих несправностей

(ВНО) на відкритій місцевості. Також була розроблена схема та демонстраційна модель цієї автоматизованої системи, враховуючи обрані методи виявлення потенційних ВНО на відкритій місцевості.

При цьому було ідентифіковано конкретні складові автоматизованої системи, яка розробляється. Була розроблена схема живлення та проведені розрахунки для визначення часу автономної роботи системи. Також була виконана оцінка ваги автоматизованої системи і сформульовані вимоги до вантажопідйомності безпілотного літального апарата (БПЛА).

Було розроблено алгоритми для стабілізації частини системи, які включають датчики. Також були розроблені алгоритми для створення фотографічних, теплових та магнітних карт відкритої місцевості, а також для аналізу цих карт з метою надання оператору інформації для прийняття рішення щодо можливої наявності потенційних ВНО на певних ділянках місцевості.

З метою надання більш детального опису алгоритму аналізу створених карт місцевості був розроблений математичний опис цього алгоритму.

На основі аналізу сучасних мов програмування, спрямованих на об'єктно-орієнтований підхід, було обрано мову Java для розробки програмного засобу, який використовується для аналізу карт місцевості, створених автоматизованою системою під час пошуку можливих несправностей (ВНО).

Застосування мови програмування Java дозволило швидко створити програму, яка генерує теплові та магнітні карти, обробляє оригінальні фотографічні дані з використанням відповідних масок та зберігає результати в файловій системі одноплатного комп'ютера.

Після розробки програми, були вирішені основні завдання, пов'язані з аналізом отриманих теплових та магнітних карт місцевості. Це дозволило оточніше визначити області місцевості, в яких було виявлено потенційні ВНО під час пошукових операцій [10].

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Вплив вибухів та горіння вибухонебезпечних об'єктів на навколишнє середовище

Незважаючи на очевидні витрати та матеріально-технічні обмеження, сектор гуманітарної протимінної діяльності також повинен прагнути забезпечити всі практичні та відповідальні зусилля для мінімізації впливу на навколишнє середовище від утилізації та знищення боєприпасів. Залишкове забруднення ґрунту та води на військових полігонах, спричинене стрільбою, детонацією та утилізацією боєприпасів шляхом відкритого спалювання та відкритої детонації (OBOD), добре задокументовано, і приділяється підвищена увага пошуку більш прийнятних для навколишнього середовища варіантів.

У військовому секторі OBOD потрапив під підвищену увагу через проблеми з навколишнім середовищем, з метою подальшого скорочення та виключення його використання. Хоча OBOD відпрацьованих вибухових речовин заборонено в таких країнах, як Канада, Німеччина та Нідерланди (якщо немає інших засобів) і не рекомендується в інших, воно продовжує використовуватися в багатьох регіонах, оскільки воно є економічно ефективним і не вимагає складної інфраструктури та обладнання. Особливо це стосується країн, що розвиваються та постраждалих від конфлікту, або там, де необхідне доцільне знищення для утилізації небезпечних предметів; часто інший практичний варіант недоступний.

Для гуманітарного сектора варіанти утилізації мають залишатися економічно ефективними та практичними. Альтернативи OBOD, такі як збирання вибухових речовин або хімічна обробка/нейтралізація, можуть бути життєздатними, але нам потрібно зрозуміти їх доцільність і те, як їх, можливо, потрібно буде адаптувати для задоволення потреб у гуманітарному

секторі. Розроблені методи включають перетворення вибухових речовин у неенергетичні побічні продукти, такі як добрива, які можна продавати для отримання прибутку. Це буде залежати від гарантії якості будь-якої продукції (наприклад, перевірка залишкового вмісту важких металів).

Окрім хороших екологічних показників, варіанти утилізації боєприпасів мають бути економічно життєздатними та враховувати низку факторів, таких як стан і тип боєприпасів, кількість, що підлягає утилізації, підготовка та компетенція місцевого персоналу, узгодженість з міжнародними угодами та узгодженість з будь-які застосовні національні правила безпеки, безпеки та охорони навколишнього середовища. Агентство з охорони навколишнього середовища Сполучених Штатів нещодавно провело огляд альтернатив OBOD, і необхідні подальші дослідження життєздатних альтернатив OBOD і практик пом'якшення наслідків для гуманітарного сектору.

4.1.1 Зміна клімату та протимінна діяльність

IMAS (International Mine Action Standards) - це система міжнародних стандартів, розроблених для регулювання різних аспектів протимінної діяльності. Ці стандарти визначають найкращі практики та вимоги, спрямовані на забезпечення безпеки людей та ефективності у роботі із зменшенням мін і несправжніх вибухів.

- Основні пункти IMAS включають в себе такі аспекти протимінної діяльності, як:
- Маркування та облаштування зон з ризиком мін: IMAS надає вказівки щодо методів ідентифікації та маркування областей, де може бути ризик вибухів мін.
- Розмінування: Стандарти визначають процедури та техніки, які слід використовувати для розмінування земель, об'єктів та інших областей.
- Системи керування ризиками: IMAS встановлює принципи управління ризиками в протимінній діяльності з метою максимальної безпеки працівників і населення.

- Освіта та навчання: Стандарти визначають вимоги до навчання та підготовки персоналу, щоб забезпечити їх ефективність та безпеку в роботі.

На сьогоднішній день «Міжнародні стандарти протимінної діяльності» (IMAS) ще не містить вказівок щодо того, як зміна клімату може вплинути на протимінну діяльність, або щодо потенційної необхідності планування адаптації до зміни клімату. Зміна клімату може потенційно вплинути на місцеву гуманітарну діяльність з розмінування кількома способами.

Наприклад, у 2014 році сильний дощ і повінь у деяких частинах Боснії та Герцеговини спричинили понад 3000 зсувів. Це робило записи про розташування мінних полів ненадійними, що вимагало повторної оцінки. Інші країни, де, як повідомляється, повені або зсуви вплинули на діяльність з розмінування, включають Анголу, Ірак, Лаоську Народно-Демократичну Республіку (ЛНДР), Судан і Зімбабве. Щодо Лаоської НДР, яка залишається найбільш забрудненою касетними боєприпасами країною у світі, у новинах говорилося про ризик того, що сильні тропічні шторми та повінь у 2018 році спричинили переміщення вибухонебезпечних предметів. У майбутньому територіям, які раніше вважалися низькопріоритетними для обстеження та розчищення, тепер може знадобитися змінити пріоритет або цільові дії, якщо вони більш вразливі до зміни клімату. Це стосується прибережних місць, берегів річок або територій із крутими схилами, розчистка яких може стати більш технічно складною та дорожчою.

Інтенсивні опади також можуть призупинити або перешкодити програмам розмінування через обмеження доступу або обмеження використання техніки чи мінно-розшукових собак, які не можуть працювати у вологих умовах. У довгостроковій перспективі вплив майбутніх переміщень населення та кліматичних біженців також може вимагати розгляду при розмінуванні через зростання тиску на землекористування.

Вищі літні температури також можуть негативно вплинути на управління запасами боєприпасів. Боєприпаси розроблені таким чином, щоб

короткостроково витримувати інтенсивну спеку, але тривалі високі температури та вологість можуть дестабілізувати їх, послабити їх структурну цілісність, пошкодити ущільнення та збільшити ризик вибуху. Приливні хвилі та підвищення температури моря внаслідок зміни клімату також можуть підвищити ризики, пов'язані з успадкованими морськими боеприпасами, і вимагатимуть розгляду спеціалізованими групами підводного очищення.

4.2 Вплив діяльності з розмінування на навколишнє середовище

Оскільки, за оцінками, понад 60 мільйонів людей живуть у районах, уражених наземними мінами, і збільшення використання саморобних вибухових пристроїв (СВУ) під час останніх конфліктів викликають ризики, з якими стикаються громади. Вибухонебезпечні пережитки війни (ВПВ) включають протипіхотні міни та касетні боеприпаси (які скидаються з літаків або запускаються з рівня землі та відкритого повітря для вивільнення кількох суббоеприпасів). Вони можуть залишатися в землі десятиліттями та перешкоджати безпечному доступу громади до землі, а отже, до місцевих ресурсів. Оператори гуманітарного розмінування видаляють ВЗВ, щоб зробити територію безпечною для людей, і включають такі організації, як Норвезька народна допомога (NPA), Консультативна група з мін (MAG) і The HALO Trust. Усі вони діють у всьому світі та впроваджують програми розмінування вже понад 25 років.

Гуманітарне розмінування не позбавлене ризику шкоди навколишньому середовищу, і це підтверджується роботою, проведеною Службою ООН з протимінної діяльності (UNMAS), Женевським міжнародним центром гуманітарного розмінування (GICHD) та операторами протимінної діяльності, такими як NPA, з розробки міжнародні стандарти протимінної діяльності. Однак поточні Міжнародні стандарти протимінної діяльності (IMAS), розроблені як основа для керівництва як національними органами влади, так і операторами, не містять конкретних практичних заходів для мінімізації потенційного впливу на навколишнє середовище.

Більшість національних органів влади в країнах, які мають справу з успадкованими протипіхотними мінами та ВЗВ, ще не запровадили національний стандарт для включення екологічного менеджменту, і багато з цих країн також не завжди мають жорстке екологічне законодавство чи управління.

Діяльність з розмінування може включати очищення рослинності, використання та розгортання важкої техніки, підрив або утилізацію великої кількості вибухівки та утворення небезпечних і не небезпечних відходів – усе це може призвести до негативних наслідків для навколишнього середовища, якщо не управляти належним чином. Це також стосується того, як земля використовується після розмінування. Там, де існує серйозна загроза для людей через поранення або смерть від боєприпасів, що не вибухнули, може бути важче передати важливість і актуальність потенційних екологічних наслідків розмінування, навіть якщо вони можуть мати довгострокове значення.

З огляду на бюджетні, матеріально-технічні та іноді поточні обмеження безпеки, управління навколишнім середовищем і пом'якшення наслідків не завжди були пріоритетними. Заходи щодо покращення цього стану набирають обертів у рамках гуманітарної роботи з розмінування, а також дії в інших ширших секторах гуманітарної допомоги. На цьогорічному щорічному засіданні Національного директора з питань протимінної діяльності в ООН було наголошено на навколишньому середовищі та відбулися позитивні дискусії щодо того, що вже зроблено та що ще можна зробити для покращення екологічних показників у всьому секторі.

Для ширшого гуманітарного сектору ООН створила мережу Environment and Humanitarian Action (ЕНА) у 2014 році з метою просування екологічно відповідальних гуманітарних програм. Такі організації, як Міжнародний комітет Червоного Хреста, працюють над впровадженням екологічних практик у свою діяльність і вже запустили Стратегічний план зеленої відповіді. Проте дослідження студентів Лондонської школи економіки у

2019–2020 роках свідчать про те, що багатьом гуманітарним організаціям ще належить розробити та впровадити екологічну політику для своєї гуманітарної допомоги та роботи на місцях. Фактори, що обмежують прогрес, включають наявність ресурсів, досвіду та фінансування.

Потенційний вплив діяльності з розмінування на навколишнє середовище та їх значення змінюються залежно від регіону, на який це впливає, і конкретної спадщини ВЗВ. У Лівії, наприклад, довга історія збройного конфлікту залишила численні великі запаси боєприпасів, наземні міни та снаряди, що не вибухнули. У ракетах, закуплених колишнім лівійським режимом, також використовувалося дуже небезпечне рідке паливо (таке як несиметричний диметилгідразин) і хімічні окислювачі (такі як червона димляча азотна кислота), що створює значні ризики для безпеки та навколишнього середовища. Належне поводження з цими небезпечними рідинами та утилізація цих небезпечних рідин під час протимінної діяльності екологічно прийнятним способом має вирішальне значення для забезпечення захисту груп розмінування, місцевого населення та навколишнього середовища в цілому, особливо враховуючи значну залежність Лівії від ресурсів підземних вод.

Камбоджа вважається однією з країн, найбільш забруднених касетними боєприпасами, в результаті потужних бомбардувань США під час американсько-в'єтнамської війни та націлювання на лінії постачання В'єтконгу. У 2016 році Програма розвитку ООН (ПРООН) завершила оцінку екологічного та соціального впливу, яка підкреслила важливу роль знешкодження касетних боєприпасів у підтримці економічного зростання країни. Проте Камбоджа також зазнала високих темпів вирубки лісів, за оцінками, з 2000 року деревний покрив скоротився на 27 відсотків.

Одним із районів Камбоджі, найбільш забруднених наземними мінами, є шахтний пояс К5, розташований на північному заході вздовж камбоджійсько-тайського кордону. Пояс К5 був закладений мінами в середині 1980-х років як частина камбоджійського плану оборони, щоб запобігти поверненню

червоних кхмерів із Таїланду назад до Камбоджі. Створення поясу К5 вимагало вирубки тропічного лісу для створення відкритого простору приблизно 500 м завширшки та 700 км завдовжки. Після майже 40 років тропічний підлісок відновився, тому такі території, як шахтний пояс К5, вважаються « вирішально важливими для підтримки біологічних коридорів між транскордонними охоронюваними територіями та залишаються одними з останніх лісових масивів у районах високого рівня сільського господарства та швидкого знищення лісів. '.

Внутрішня міграція, зростання поселень і більший попит на сільськогосподарські угіддя вже прискорили темпи вирубки лісів поблизу камбоджійсько-тайського кордону та смуги шахт К5. Люди з низьких доходів часто не мають іншого вибору, окрім як ризикувати своїм життям, щоб заробити на життя на землі, яка, як відомо, або ймовірно, забруднена наземними мінами. Оскільки люди готові йти на такий ризик, обробляючи або добуваючи їжу на забруднених мінами землях чи лісах, операції з розмінування мають вирішальне значення для захисту місцевого населення. Однак розмінування та звільнення землі може призвести до інших небажаних наслідків для навколишнього середовища через покращення доступу до лісів і потенційне збільшення темпів вирубки лісів.

Такі країни, як Ангола, Колумбія, М'янма та В'єтнам, де проводиться гуманітарне розмінування, також зазнали високих темпів вирубки лісів за останні роки. Довгострокове планування потрібне для забезпечення того, щоб операції з розмінування не залучали людей і економічний розвиток у райони, які раніше були малонаселеними, оскільки це потенційно призвело б до збільшення вирубки лісів і рослинності та негативно вплинуло б на місцеве біорізноманіття в районах після розмінування.

Гуманітарне розмінування в Колумбії часто згадується як приклад належної екологічної практики, коли колумбійське управління протимінної діяльності (Oficina del Alto Comisionado para la Paz – Descontamina Colombia [ОАСР-DC]) і Швейцарський фонд протимінної діяльності (FSD) працюють

разом. розробити інструменти та конкретні екологічні поради. Це особливо важливо для країни, яка настільки багата на біорізноманіття, але яка страждає від загроз вирубки лісів і незаконної вирубки. Уряд Колумбії встановлює вимогу щодо компенсаційних насаджень на територіях, де очищення рослинності неможливо уникнути, зменшити або пом'якшити під час робіт з розмінування, але на сьогоднішній день немає вказівок щодо того, що маєтсья на увазі під компенсаційними насадженнями або як це робити.

Висадка дерев або компенсаційна посадка не є звичайною повсякденною діяльністю для операторів з розмінування або їх сфери знань. Там, де посадка необхідна або рекомендована для компенсації негативних наслідків діяльності з розмінування або покращення навколишнього середовища, необхідні вказівки та партнерство з місцевими організаціями, які беруть участь у ініціативах з відновлення лісів або посадки. Це забезпечить підхід, заснований на правильному дереві в потрібному місці, з обґрунтованим відбором видів, консультаціями з громадою та плануванням управління. Компенсаційні посадки могли б належним чином закріпитися та зробити позитивний внесок у навколишнє середовище.

Також вибухи можуть мати значний вплив на структуру ґрунту та його родючість через різноманітні механізми:

Фізичні зміни структури ґрунту: Сильні вибухи можуть призвести до руйнування ґрунтового покриву та його розшарування. Велика енергія вибуху може порушити ґрунтові горизонти, руйнувати структуру ґрунту та впливати на його родючість.

Забруднення ґрунту: Вибухи можуть викликати забруднення ґрунту та його деградацію через розсіювання токсичних речовин або інших шкідливих речовин.

Зміна фізико-хімічних властивостей: Велика енергія вибуху може змінювати фізико-хімічні властивості ґрунту, такі як його реакція на воду, ступінь кислотності тощо.

Потенційне видалення поживних речовин: Якщо вибух відбувається в землі, він може видалити поживні речовини та мікроорганізми, що відповідають за родючість ґрунту.

Це може призвести до зменшення родючості та можливості ґрунту підтримувати рослинний покрив. У таких випадках відновлення родючості може зайняти тривалий час та вимагати спеціальних заходів, таких як внесення добрив та інші агротехнічні методи.

Вплив вибухів на ґрунт залежить від різних факторів, таких як сила вибуху, глибина, де він стався, і хімічний склад вибухових речовин. Він може виявити різні наслідки в різних екологічних умовах та типах ґрунтів.

4.3 Способи для відновлення екологічного середовища мінних полів

Відновлення екологічного стану мінних полів є важливим завданням, оскільки вони можуть залишити за собою серйозні наслідки для природи та людей. Ось деякі способи відновлення екологічного стану мінних полів:

Демінування території:

- Використання спеціалізованих машин та екіпірування для пошуку та видалення мін.
- Застосування технологій дистанційного зондування для виявлення можливих мінних об'єктів.

Зелена реконструкція:

- Впровадження програм зеленої реконструкції, що передбачають висадку дерев, трав'янистих рослин та інших видів, що сприяють природному відновленню ґрунту.
- Використання технік відновлення ґрунту, таких як внесення органічних речовин, які поліпшують його структуру та родючість.

Екологічне ландшафтотворення:

- Впровадження проєктів екологічного ландшафтотворення, спрямованих на створення природних бар'єрів, які допоможуть зменшити ризик вторинного забруднення.

- Використання груп рослин, які мають властивості фільтрації та знищення токсинів.

Моніторинг та наукові дослідження:

- Проведення постійного моніторингу екологічної ситуації на території колишніх мінних полів.
- Здійснення наукових досліджень для вивчення впливу мін на ґрунт, водні ресурси та рослинний світ, а також розробка оптимальних стратегій відновлення

Залучення місцевого населення:

- Залучення місцевого населення до процесу відновлення екосистеми, наприклад, через участь у програмах висадження рослин чи зборі відходів.
- Надання інформації та освітніх заходів щодо безпеки та управління природними ресурсами.

Важливо враховувати специфіку кожної конкретної ситуації та використовувати інтегрований підхід до вирішення проблем, пов'язаних із відновленням екологічного стану мінних полів.

Висновок

В розділі був розглянутий вплив вибухів та горіння на навколишнє середовище. Описана діяльність з розмінування та вплив цієї діяльності на екологію в цілому. Запропоновані способи для відновлення екологічного стану мінних полів. Докладніше по кожному пункту:

1 Вплив вибухів та горіння вибухонебезпечних об'єктів на навколишнє середовище. Вибухи та горіння спричиняють викиди токсичних речовин, які забруднюють повітря та можуть мати негативний вплив на здоров'я людей та екосистему. Оскільки вибухи руйнують об'єкти та землю, вони можуть призвести до забруднення ґрунту токсичними речовинами, які потрапляють до водойм та забруднюють їх. Також вибухи впливають на структуру та родючість ґрунтів, викликаючи руйнування ґрунтового покриву та їх розшарування. Після вибуху можуть змінитися хімічні властивості ґрунтів, що негативно впливає на їх родючість

2 Зміна клімату та протимінна діяльність. Ефекти вибухів та горіння можуть впливати на кліматичні зміни, викликаючи зміни у складі атмосферних газів, що може призвести до змін в кліматі та погодних умовах. Протимінна діяльність, ця діяльність спрямована на зменшення впливу мін та вибухонебезпечних об'єктів на навколишнє середовище, включаючи розмінування, контроль за вибухонебезпечними матеріалами та реабілітацію уражених територій.

3 Вплив діяльності з розмінування на екологію. Розмінування сприяє відновленню природних екосистем та забезпечує безпеку для людей та тварин. Дослідження ефективності методів розмінування на відновлення природних середовищ є важливою складовою збереження біорізноманіття та здоров'я людей.

4 Способи для відновлення екологічного середовища мінних полів. Використання живих організмів для відновлення природних умов там, де вони були пошкоджені від вибухів та розмінування. Розробка та впровадження спеціалізованих систем відновлення, що сприяють відновленню ґрунту, рослинності та екосистем після вибухів та розмінування.

Цей розділ демонструє складність проблеми впливу вибухів та діяльності з розмінування на екологію, а також важливість розробки та впровадження стратегій для відновлення екологічного середовища [11].

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Оцінка ризиків та негативних чинників

Питання забезпечення безпеки праці мають бути вирішені на всіх етапах трудового процесу, незалежно від характеру діяльності. Забезпечення здорових та безпечних умов праці значною мірою залежить від правильної оцінки шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Організм людини може зазнавати серйозних змін з різних причин, таких як виробниче середовище, надмірне психічне та фізичне напруження, нервово-емоційне напруження або різні комбінації перерахованих вище факторів.

У цьому розділі розглядаються питання забезпечення безпеки праці для програмістів на етапі розробки моделі роботехнічної системи для пошуку та ідентифікації ВВП. Аналіз умов праці показав, що ряд фізичних та психофізіологічних факторів може негативно впливати на програмістів у лабораторіях:

1. Організація охайного та комфортного робочого місця.
2. Контроль рівня шуму та пилу на робочому місці.
3. Зменшення рівня електромагнітного випромінювання.

5.2 Оптимізація організації робочого місця

Приміщення для роботи програміста, обладнане трьома робочими місцями з ПК, має загальну площу 30 м² та висоту стелі 2 м. Кожне робоче місце оснащено робочим столом площею 1,3 м², персональним комп'ютером або ноутбуком та м'яким кріслом.

Персональний комп'ютер включає в себе монітор, системний блок, клавіатуру та графічний планшет. Площа та об'єм для одного робочого місця відповідають стандартам – 10 м² та 20 м³ відповідно.

Пропозиції щодо поліпшення організації робочого місця програміста:

1. Рекомендується обирати регульований робочий стіл для забезпечення оптимальної висоти.
2. Збільшити розмір робочої поверхні до не менше 1500 мм × 1100 мм.
3. Забезпечити підстілля під столом для комфортної роботи.
4. Стіл праці має мати підставку для ніг, розташовану під кутом 20° до поверхні столу.
5. Відстань від краю стола до клавіатури повинна бути більше 30 см, але не більше 70 см, для забезпечення зручної позиції тіла.
6. Відстань до монітора повинна бути від 50 см до 70 см для збереження комфортного зорового контакту.
7. Робочий стілець повинен мати м'яку підсідальну частину, висоту від 46 см до 56 см, висоту спинки не менше 30 см та ширину не менше 38 см.
8. З огляду на важкість та напругу на тіло, рекомендується скоротити час роботи перед монітором та робити перерви для відпочинку очей кожні 50 хвилин при загальній зміні в 8 годин.

5.3 Електробезпека. Статична електрика

Небезпека ураження електричним струмом в робочих приміщеннях відноситься до 1 класу підвищеної безпеки, оскільки умови (сухість, відсутність пилу, нормальна температура повітря, ізольована підлога, досить мала кількість заземлених приладів) відповідають високим стандартам безпеки.

Робоче місце програміста містить лише металевий корпус системного блоку ПК, який відповідає стандартам та має робочу ізоляцію, елемент для заземлення та живильні дроти з правильною заземленою жилою.

Три основні причини ураження людини електричним струмом при роботі в закритому приміщенні включають:

1. дотик до металевих корпусів або периферії під напругою через пошкоджену ізоляцію;
2. неправильне використання електричних приладів;
3. відсутність інструктажу для осіб, які ведуть заняття з охорони праці.
4. Протягом робочого дня корпус комп'ютера накопичує статичну електрику. На відстані від 6 см до 11 см від екрана, напруга електростатичного поля може становити від 60,500 В/м до 280,500 В/м, що в 10 разів перевищує норму в 20,000 В/м.

Для забезпечення безпеки в робочому приміщенні рекомендується використовувати технічні засоби та способи захисту: зменшити накопичення статичної електрики за допомогою зволожуючих та нейтралізуючих покриттів підлоги; з'єднати металевий корпус устаткування з заземлюючою жилою.

Заземлення корпусу комп'ютера можна забезпечити підведенням заземлюючої жилки до розеток, і опір заземлення повинен бути до 4 Ом для електроустановок з напругою до 1000 В. Також можна вживати організаційні заходи, такі як постійний інструктаж з техніки безпеки та заборона використання непередбаченого для робочого місця електричного обладнання.

5.4 Вимоги безпеки під час аварійних ситуацій

У випадку виникнення аварійної ситуації програміст повинен діяти згідно з наступними вимогами безпеки:

При виявленні небезпечної ситуації, такої як пожежа, землетрус, радіаційна небезпека, електричні неполадки тощо, програміст повинен спробувати заспокоїти оточуючих і забезпечити їхню безпеку, включаючи власне життя та життя співробітників.

Не слід самостійно виправляти несправності в електромережі та електрообладнанні. Замість цього, слід вимкнути загальне електропостачання.

При виявленні пожежі слід негайно викликати пожежну частину та вживати заходів відповідно до плану евакуації для безпечного виведення працівників і збереження майна.

У разі з'явлення сторонньої особи, яка створює протиправні загрози безпеці оточуючих, слід викликати правоохоронні органи.

При травмуванні працівників чи клієнтів відразу слід викликати швидку допомогу та, за потреби, надавати першу долікарську допомогу. Також слід організувати роботу ДПД (державної пожежної охорони) для збереження майна та цінних паперів.

При наданні першої долікарської допомоги слід:

Оцінювати загальний стан потерпілого та визначати характер пошкоджень.

У випадку різкого порушення або відсутності дихання чи серцебиття слід відразу розпочати штучне дихання та масаж серця та викликати швидку медичну допомогу.

При ураженні електричним струмом:

Важливо відключити електрообладнання від джерела живлення, або відтягнути потерпілого від струмоведучих частин за допомогою ізоляційного матеріалу.

При відсутності дихання та пульсу слід розпочати штучне дихання та масаж серця, а потім викликати швидку допомогу.

Ці дії слід виконувати з врахуванням конкретної аварійної ситуації та можливостей надання допомоги.

Для більшої безпеки оператора на обладнанні повинен встановлюватися автомат захисту, який би вимикав струм при короткому замиканні. Виконаємо розрахунок короткого замикання при взаємодії фази з корпусом обладнання для визначення граничного струму, який призведе до включення автомата захисту, та для вибору відповідного автомата захисту. Також встановимо максимальний розрахунковий струм в лінії.

$$I = \frac{P_H 10^3}{U_{ном}} = \frac{4500}{220} = 20.45(\text{А}) \quad (5)$$

де P – потужність, споживана електроустановкою; U -напряга в мережі.

Визначаємо площу поперечного перерізу для провідника з міді

$$S_{мідь} = I_{ном} / I_{ек} = \frac{20,45}{3,5} = 5,84(\text{мм}^2) = 6(\text{мм}^2) \quad (6)$$

Визначимо активний опір кабельної лінії, використовуючи мідні провідники:

$$R_{\phi}^{мід} = R_n^{мід} = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,018 \cdot \frac{20}{6} = 0,06(\text{Ом}) \quad (7)$$

де ρ – питомий опір провідника, який для міді 0,018 Ом·мм²/м; l – довжина провідника, м (периметр приміщення $P=(a+b) \cdot 2=(5+4,5) \cdot 2=19$); S – перетин провідника, мм².

$$R_{\phi}^{мід} = R_n^{мід} = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,018 \cdot \frac{200}{6} = 0,6(\text{Ом}) \quad (8)$$

де l – довжина провідника до підстанції, м.

Індуктивний опір мідних дротів має дуже невелике значення, тому можна знехтувати ними. Опір взаємоіндукції залежить від відстані між D та їх діаметра d . Зазвичай приймають $X_{ФН} = 6 \cdot 10^{-4} \cdot l$. Тепер знайдемо довжину петлі "фаза-нуль".

$$l_n = l_{\phi}^{мід} + l_n^{мід} + l_{\phi}^{мід} + l_n^{мід} = 200 + 200 + 20 + 20 = 440(\text{м})$$

(9)

Визначаємо опір петлі «фаза-нуль»

$$X_{ФН} = 6 \cdot 10^{-4} \cdot l = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 440 = 0.264(\text{Ом})$$

(10)

Повний опір петлі «фаза-нуль»

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi}^{мід} + R_n^{мід} + R_{\phi}^{мід} + R_{\mu}^{мід})^2 + X_{ФН}^2} = \sqrt{(0.06 + 0.06 + 0.6 + 0.6)^2 + 0.264^2} = 1.35(\text{Ом}). \quad (11)$$

За даними маємо трансформатор потужністю $P_{тр}=250$ кВ·А. Його опір дорівнює $Z_{тр}=0.1$ Ом.

Струм однофазного короткого замикання буде

$$I_{кз} = \frac{U}{\frac{Z_{тр}}{3} + Z_n} = \frac{220}{\frac{0.1}{3} + 1.35} = 159 \text{ (А)}. \quad (12)$$

Знаходимо струм спрацювання автоматичного вимикача (I_H)

$$I_H = I_{кз} / K = \frac{159}{1.25} = 127,5 \cdot \text{(А)}, \quad (13)$$

Де K – коефіцієнт кратності ($k = 1,25$ для автоматичних вимикачів з номінальним струмом понад 100 А).

Отже, для забезпечення надійного захисту від ураження струмом, автоматичний розподільчий вимикач А5114/1 активується при силі струму в 100 А. Його застосовують для захисту людини від ураження електричним струмом, захисту обладнання від пожеж при порушенні ізоляції електропроводки, а також для захисту від струмів короткого замикання та перевантаження.

5.5 Пожежна безпека

Простір, де розташовані ЕОМ, повинен мати не менше II ступеня вогнестійкості. Для гасіння пожеж в офісних приміщеннях слід використовувати порошкові вогнегасники, оскільки вони є універсальними для більшості типів пожеж. Всі заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), повинні бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою запобігання потрапляння працівника під напругу. Основними причинами загоряння в будівлі можуть бути:

- перевантаження обладнання,
- великі перехідні опори,
- несправність електроустаткування,

коротке замикання,
порушення протипожежного режиму.

Для запобігання загорянню або вчасної його зупинки приміщення повинно бути оснащено системою автоматичної пожежної сигналізації та мати один вогнегасник ВП-5 із запасом вогнегасної речовини 8-12 кг, відповідно до вимог чинного законодавства України. Проходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільними.

У будівлі шляхи евакуації повинні відповідати нормативним вимогам, зокрема: коридори поверхів за довжиною поділені протипожежними перегородками; висота шляхів евакуації становить 3 метри, а ширина – 1,5 метри. Крім того, на кожному поверсі будівлі та в кожному кабінеті повинна бути план-схема евакуації на випадок пожежі.

5.6 Інструкція з охорони праці для оператора комп'ютерного набору

Загальні положення

1.1. До самостійної роботи на персональних комп'ютерах допускаються особи віком більше 18 років, які пройшли навчання, вступні інструктажі з питань охорони праці та пожежної безпеки, первинний інструктаж з охорони праці на робочому місці, інструктаж та перевірку знань з електробезпеки. Працівники повинні бути ознайомлені зі шляхами евакуації з приміщення, місцем розташування медичної аптечки, засобів пожежогасіння та вміти користуватися наявними засобами пожежогасіння.

1.2. Внутрішньозмінні режими праці і відпочинку мають передбачати додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак втомлення та зниження працездатності. При виконанні робіт, що належать до різних видів трудової діяльності, за основу роботи з ПЕОМ слід вважати таку, що займає не менше 50% часу впродовж робочого дня.

1.3. Встановлюються такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при 8-ми годинній робочій зміні: для операторів комп'ютерного

набору слід призначати перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин через кожну годину роботи.

1.4. Під час роботи на комп'ютерах, до складу яких входять відеотермінали (дисплеї), на працівників можуть діяти такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори: підвищений рівень електромагнітного, рентгенівського, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень запиленості та аероіонів у повітрі робочої зони; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини; підвищений рівень шуму (від вентиляторів, аудіоплат тощо); прямі та відбиті від екранів блики та несприятливий розподіл яскравості в полі зору; фізичні та нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

1.5. Екран відеотерміналу повинен знаходитися не ближче 600 мм від очей користувача (пропонується— 600-700 мм).

1.6. Висота робочої поверхні стола має бути в межах 680-800 мм. Стіл повинен мати простір для ніг шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм і на рівні витягнутих ніг не менше 650 мм.

1.7. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні стола на відстані 100-300 мм від краю, повернутого до користувача. Під електричні принтери необхідно підкладати килимки для гасіння вібрації та шуму.

1.8. Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) потрібно забезпечити велику вільну поверхню столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба.

1.9. В приміщеннях з комп'ютерами слід щоденно проводити вологе при

Вимоги безпеки під час роботи

2.1. Увімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах у послідовності: периферійне обладнання (принтер, сканер тощо), відеотермінал, процесорний блок.

2.2. Відрегулювати яскравість свічення екрана відеотерміналу, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Рекомендуються: розмір точки свічення - не більше 0,4 мм, відношення яскравості екрана відеотерміналу до яскравості оточуючих його поверхонь у робочій зоні - не більше 3:1.

2.3. При роботі з текстовою інформацією (у режимі введення даних, редагування тексту та читання з екрана відеотерміналу) найбільш фізіологічним є зображення чорних знаків на світлому фоні.

2.4. Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де виконуються роботи на комп'ютерах, доцільно збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів. Не бажано носити одяг з синтетичних матеріалів.

2.5. Для зниження напруженості праці на комп'ютері необхідно рівномірно розподіляти характер робіт відповідно до їх складності.

5.7 Оцінка робочих місць та проведення медичних оглядів

Атестація робочих місць проводиться на підприємстві в тих випадках, коли частини технологічного процесу, обладнання, сировина або матеріали негативно впливають на здоров'я працівників. Спеціальні комісії, повноваження яких визначаються наказом підприємства в обумовлені строки, що передбачені угодою, проводять атестацію, яка взагалі повинна здійснюватися не рідше одного разу за 4-5 років.

Згідно зі статтею 169 Кодексу законів про працю, роботодавець організовує проведення постійного медичного огляду працівників за власні чи кошти підприємства. Також він зобов'язаний проводити щорічний обов'язковий медичний огляд осіб до 21 року. Результати медичних оглядів, у

вигляді висновків фахівця щодо придатності працівника до виконання роботи, реєструються у їх особистій медичній картці, яку зберігає роботодавець.

Здійснення щорічного медичного огляду є важливою ініціативою як для роботодавця, так і для працівника. При прийнятті на роботу нового працівника об'єктивна оцінка його стану здоров'я визначає необхідність попереднього медичного огляду. Далі, регулярні періодичні медичні огляди необхідні для своєчасного виявлення професійних захворювань, визначення впливу негативних факторів на здоров'я та забезпечення загальної працездатності персоналу.

У даному розділі було проведено дослідження з охорони праці на етапі розробки програмного модуля. Здійснено аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які можуть впливати на робочий процес. Серед основних проблем, на які звернуто увагу, визначено наступні:

Питання організації робочого місця: оцінено важливість правильного організування робочого простору для оптимальної ефективності та комфорту під час розробки програмного продукту.

Підвищення рівня шуму на робочому місці: розглянуто вплив шумових факторів на працю програміста та визначено можливі шляхи зниження рівня шуму для покращення робочих умов.

Підвищений рівень електромагнітного випромінювання: досліджено вплив електромагнітних полів на здоров'я та зазначено способи мінімізації ризиків для програмістів під час роботи.

У підрозділах розглянуто значення параметрів та подано пропозиції щодо удосконалення умов роботи під час розробки програмного продукту. Це включає в себе рекомендації щодо організації робочого простору, зменшення шуму та контролю рівня електромагнітного випромінювання з метою забезпечення оптимального та безпечного робочого середовища [12].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було запропоновано рішення для актуальної задачі підвищення ефективності автоматизованої системи пошуку потенційно вибухонебезпечних об'єктів на відкритій місцевості. Це досягнуто шляхом використання декількох методів пошуку одночасно та відокремлення системи від конкретної моделі БПЛА.

В ході огляду та аналізу сучасного стану проблеми було встановлено, що розвиток автоматизації дозволив створити сучасні системи виявлення вибухонебезпечних об'єктів, які спрощують та прискорюють процес пошуку, забезпечуючи при цьому високу точність та безпеку.

Був проведений аналіз існуючих автоматизованих систем виявлення вибухонебезпечних об'єктів на відкритій місцевості, і вибрано для розробки систему виявлення за допомогою БПЛА. Також були розглянуті методи виявлення та обрано ті, які будуть використовуватися в розроблюваній системі. Сформовано послідовність етапів створення системи, визначено основні компоненти, розроблено схему та демонстраційну модель системи.

Було обрано датчики та пристрої обробки для створюваної системи, розраховано час автономної роботи, визначено джерело живлення та проведено розрахунок загальної ваги, висунуто вимогу до вантажопідйомності БПЛА.

Розроблено алгоритм стабілізації частини системи з датчиками, алгоритм створення фотографічної, теплової та магнітної карт відкритої місцевості, а також алгоритм аналізу створених карт для допомоги оператору приймати рішення щодо наявності або відсутності потенційних вибухонебезпечних об'єктів [13].

Для детального опису алгоритму аналізу створених карт місцевості був розроблений математичний опис алгоритму.

В результаті написання магістерської роботи був розроблений дистанційно керований роботизований комплекс для виявлення вибухонебезпечних предметів, який є більш дешевим за аналоги, але не поступається їм в характеристиках. В процесі було виконано наступні завдання:

- 1 Доведена актуальність теми та поставлені мета та задача;
- 2 Розглянуті види вибухонебезпечних предметів та кількість жертв від їх вибухів;
3. Проаналізувати існуючі системи та комплекси для виявлення вибухонебезпечних предметів;
4. Розроблена структура бортового обладнання робототехнічного комплексу;
5. Спроектване апаратне забезпечення робототехнічного комплексу.
6. Досліджена робота розробленого програмного та апаратного забезпечення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017 –29 с.
3. Барбашин В. В. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів. Навчальний посібник (в трьох томах) / В. В. Барбашин, О. М. Смирнов, І. О. Толкунов. – Харків : [б. в.], 2015. – Т. 1 : Порядок та правила утилізації вибухонебезпечних предметів. – 416 с.
4. Смирнов О. М. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів. Навчальний посібник (в трьох томах) / О. М. Смирнов, В. В. Барбашин, І. О. Толкунов. – Харків : [б. в.], 2015. – Т. 2 : Заходи безпеки при поводженні з ракетами і боеприпасами під час проведення робіт з утилізації. – 484 с.
5. Як виявляють і знешкоджують міни - BBC News Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/vert-fut-39698204>
6. Бевз А. М., Толкунов І. О. Державне управління процесами гуманітарного розмінування в Україні // Державне управління у сфері цивільного захисту: наука, освіта, практика : матеріали Всеукраїнської науково-практичної 95 конференції, 28–29 квітня 2016 р. / за заг. ред. В. П. Садкового. – Х. : Вид-во НУЦЗУ, С. 154–158.
7. Говдун А.В., Полотай О.І. Проекти Гуманітарного Розмінування Та Їх Особливості // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XII Міжнар. наук.-практ. конф. Молодих вчених, курсантів та студентів: [в 2 ч.]. Ч. 2. – Львів: ЛДУ БЖД, 2017 С. 95.
8. Proof: How Small Drones Can Find Buried Landmines in the Desert Using Airborne IR Thermography / J. Fardoulis [et al.] // The Journal of Conventional Weapons Destruction. – 2020. – Vol. 24, no. 2. – P. 15. – Режим доступу: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4409641>

9. Application of a Drone Magnetometer System to Military Mine Detection in the Demilitarized Zone / L. S. Yoo [et al.] // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21, no. 9. – P. 3175. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/>
10. An integrated aerial system for landmine detection: SDR-based Ground Penetrating Radar onboard an autonomous drone [Электронный ресурс] / J. Colorado [et al.] // *Advanced Robotics*. – 2017. – Vol. 31, no. 15. – P. 791–808. Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/01691864.2017.1351393>
11. Features and benefits of tEODor EVO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.telerob.com/en/products/teodor-evo>
12. Accessories tEODor EVO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.telerob.com/en/products/teodor-evo/accessories-teodor->
13. STANDARD EOD-ROBOT tEODor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.army-guide.com/eng/product4011>.

ДОДАТОК

```
1 package org.nure;
2
3 import javax.imageio.ImageIO;
4 import java.awt.image.BufferedImage;
5 import java.awt.image.WritableRaster;
6 import java.io.File;
7 import java.io.IOException;
8
9 import static java.awt.image.BufferedImage.TYPE_INT_RGB;
10
11 public class Program {
12     public static void main(String[] args) throws IOException {
13         String tempNum = "1";
14         String magneticNum = "1";
15         boolean mode = true;
16         File magneticFile = new File("Magnetic" + magneticNum + ".png");
17         File temperatureFile = new File("Temperature" + tempNum + ".png");
18         File origFile = new File("Orig" + magneticNum + ".png");
19         BufferedImage magneticBufferedImage = ImageIO.read(magneticFile);
20         BufferedImage temperatureBufferedImage = ImageIO.read(temperatureFile);
21         BufferedImage origBufferedImage = ImageIO.read(origFile);
22         WritableRaster magneticRaster = magneticBufferedImage.getRaster();
23         WritableRaster origRaster = origBufferedImage.getRaster();
24         BufferedImage baseBufferedImage =
```

```

25         new BufferedImage(magneticRaster.getWidth(), magneticRaster.getHeight(), TYPE_INT_RGB);
26 WritableRaster baseRaster = baseBufferedImage.getRaster();
27 WritableRaster temperatureRaster = temperatureBufferedImage.getRaster();
28 for (int x = 0; x < magneticRaster.getHeight(); x++) {
29     for (int y = 0; y < magneticRaster.getWidth(); y++) {
30         int[] basePixel = new int[4];
31         int mB = magneticRaster.getPixel(x, y, new int[4])[2];
32         if (mB < 100) {
33             fillPixel(basePixel, 0);
34         } else {
35             fillPixel(basePixel, mB);
36         }
37         int[] temperaturePixel = temperatureRaster.getPixel(x, y, new int[4]);
38         int analysedTemperaturePixel = analyseTemperaturePixel(temperaturePixel);
39
40         if (basePixel[0] < createPixel(analysedTemperaturePixel, mode)) {
41             fillPixel(basePixel, createPixel(analysedTemperaturePixel, mode));
42         }
43         baseRaster.setPixel(x, y, basePixel);
44
45         int[] origPixel = origRaster.getPixel(x, y, new int[4]);
46         double index = basePixel[0]/255.0;
47         if (index < 0.4) {
48             origPixel[0] = (int) (origPixel[0] * index);
49             origPixel[1] = 0;
50             origPixel[2] = (int) (origPixel[2] * index);
51         } else {
52             origPixel[0] = (int) (origPixel[0] * index);
53             origPixel[1] = (int) (origPixel[1] * index);
54             origPixel[2] = (int) (origPixel[2] * index);
55         }
56         origRaster.setPixel(x, y, origPixel);
57     }
58 }
59 baseBufferedImage.setData(baseRaster);
60 ImageIO.write(baseBufferedImage, "png", new File("Mask" + tempNum + ".png"));
61 origBufferedImage.setData(origRaster);
62 ImageIO.write(origBufferedImage, "png", new File("Analysed" + tempNum + ".png"));
63 }
64
65 static int analyseTemperaturePixel(int[] source) {
66     int tR = source[0];
67     int tG = source[1];
68     int tB = source[2];
69     if (tR == 0 && tG == 0 && tB == 0) {
70         return 0;
71     } else if (tR == 0 && tG == 0 && tB != 0) {
72         return tB;
73     } else if (tR != 0 && tG == 0 && tB != 0) {
74         return 255 - tB + tR;
75     } else if (tR != 0 && tG == 0 && tB == 0) {
76         return 255 + tR;
77     } else if (tR != 0 && tG != 0 && tB == 0) {
78         return 255 + tR + tG;
79     }
80     return tR + tG + tB;
81 }
82
83 static int createPixel(int power, boolean mode) {
84     if (mode) {
85         return power / 3;
86     }
87     return 255 - power / 3;
88 }
89
90 static void fillPixel(int[] basePixel, int number) {
91     for (int i = 0; i < 3; i++) {
92         basePixel[i] = number;
93     }
94 }

```