

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Модель наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики

Виконала: студентка 2 курсу, групи 2мМЕ  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Федоренко А.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лактіонов О.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Галай В.М.

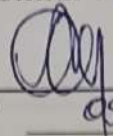
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2025 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і  
робототехніки  
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій  
Ступінь вищої освіти Магістр  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматичної,  
електроніки та телекомунікацій

  
О.В. Шефер  
“ 02 ” “ 09 ” 2024 р.

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ Федоренко Аліні Миколаївні

1. Тема проекту (роботи) **«Модель наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики»**

керівник проекту (роботи) Лактіонов Олександр Ігорович, к.т.н.  
затверджена наказом вищого навчального закладу від 09.08.2024 року  
№ 818-ф.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Наземна робототехнічна платформа Pitsco Tetrix max. Акумулятор 6S2P 8000 mAh Li-Ion. Двигуни ZENG WHCD 42GP – 775, Пульт дистанційного керування Radiomaster TX16S.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд існуючих моделей наземних робототехнічних платформ, Перспективи розвитку автоматизації з використанням моделей наземних робототехнічних платформ для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики. Методи використання наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики. Система керування наземною робототехнічною платформою. Практичні аспекти впровадження наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики. Висновки по роботі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):

- 1) Основні типи наземних робототехнічних платформ
- 2) Порівняльний аналіз технічних характеристик аналогів
- 3) Вид загальний наземної робототехнічної платформи
- 4) Класифікатор надзвичайних ситуацій в Україні
- 5) Структурна схема наземної робототехнічної платформи
- 6) Апаратні модулі для системи керування
- 7) Структурна схема підключення
- 8) Зведені розрахункові результати

6. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін та обсяг виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Термін	Категорія	Обсяг	
1	Вступ	07.10.24		10%	Пл. 1
2	Розділ 1	16.10.24	I	20%	Пл. 2
3	Розділ 2	30.10.24		30%	Пл. 3
4	Розділ 3	05.11.24		50 %	Пл. 4
5	Висновки	19.11.24	II	60%	Пл. 5
6	Список використаних джерел.	26.11.24		70%	Пл. 6
7	Графічний матеріал	11.12.24		90%	Пл. 7
8	Оформлення пояснювальної записки	19.12.24	III	100%	Пл. 8

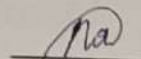
Магістрант

  
(підпис)

Федоренко А.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Лактіонов О.І.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА РОЗГЛЯД ПРАКТИЧНИХ ПРИКЛАДІВ МОДЕЛЕЙ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ .....	7
1.1. Основні типи наземних робототехнічних платформ.....	9
1.2. Сьогодення і плани розвитку наземних робототехнічних платформ.....	15
1.3. Приклади наземних робототехнічних платформ в індустрії та наукових дослідженнях.....	17
1.4. Програмне забезпечення для наземних робототехнічних платформ.....	28
1.5. Аналіз основних аспектів програмування наземних робототехнічних платформ.....	33
1.6. Висновки до 1 розділу.....	35
2. ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	
2.1 Визначення надзвичайної ситуації та їх класифікація.....	37
2.2. Огляд надзвичайних ситуацій.....	47
3. РОЗРОБКА МОДЕЛІ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УСУНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ	
3.1 Розробка загальної структурної схеми наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики.....	54
3.2 Вибір апаратних модулів для системи керування.....	57
3.3 Розробка структурної схеми підключення.....	67
3.4 Розрахунок часу роботи робототехнічної платформи.....	70
3.5 Висновки до 3 розділу.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	73
ДОДАТКИ.....	76

## ВСТУП

Сьогодні спостерігається швидкий розвиток електроніки, тому зростає потреба у моделюванні наземної робототехнічної платформи для реагування на надзвичайні ситуації в сфері електроенергетики. Одним із вирішальних аспектів вдосконалення, автоматизації, роботизації є технологічний прогрес, що включає системи автоматизованого управління наземними робототехнічними об'єктами, зокрема колісними роботами та мобільними платформами. Дослідження та поліпшення цих систем наразі є важливим завданням, оскільки такі системи мають широкі можливості для використання.

Мета цієї дипломної роботи - розробка моделі наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у секторі електроенергетики, що може бути застосована для вирішення різноманітних завдань.

Основні завдання дослідження:

1. Аналіз існуючих моделей наземних робототехнічних платформ.
2. Перспективи розвитку автоматизації з використанням моделей наземних робототехнічних платформ для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики.
3. Методи використання наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у секторі електроенергетики.
4. Система управління наземною робототехнічною платформою.
5. Практичні аспекти впровадження наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики.

Об'єкт дослідження - наземна робототехнічна платформа.

Предмет дослідження - модель наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики.

Методи дослідження:

- аналіз сучасних тенденцій і технологій, що стосуються проектування моделі наземної робототехнічної платформи;

- вивчення наукової літератури щодо застосування наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики;

- проєктування моделі наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у секторі електроенергетики.

На нашу думку, актуальність теми обґрунтована розширенням використання моделі наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики.

Результати моделювання наземної робототехнічної платформи в подальшому будуть використовуватися для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики. А також вони знайдуть застосування в подальших дослідженнях в області електроенергетики.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА РОЗГЛЯД ПРАКТИЧНИХ ПРИКЛАДІВ МОДЕЛЕЙ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ

У цьому розділі ми розглянемо та проаналізуємо основні категорії моделей наземних роботизованих платформ, включаючи колісні роботи та роботизовані системи; ми зосередимо увагу на практичних прикладах роботизованих платформ і їх програмного забезпечення. Проаналізуємо конкретні роботизовані платформи, такі як Boston Dynamics Spot, Clearpath Husky та інші, та вивчимо їх функціональність, особливості та можливості.

Метою цього розділу є детальний аналіз роботизованих платформ з практичної точки зору. Розглянемо їх структуру, компоненти та принципи функціонування.

Ці системи мають широкий спектр застосувань завдяки своїй надзвичайній різноманітності та унікальним технічним характеристикам.

Відповідно до поставленої мети та завдань ми прагнемо детально висвітлити недоліки, переваги, особливості та технічні параметри кожного типу. Також розглянемо сфери їх найефективнішого використання. Це допоможе нам у майбутньому спроектувати модель наземної роботизованої платформи, орієнтуючись на максимальну ефективність і позитивну динаміку використання переваг певного типу наземної роботизованої платформи. Крім того, ми проаналізуємо сучасний стан та перспективи розвитку наземних роботизованих платформ. Це дозволить визначити головні популярні аспекти в даній галузі та розробити стратегію для проектування наземної роботизованої платформи.

Вивчення існуючих роботизованих платформ та їх програмування допоможе нам отримати теоретичні та практичні знання, зрозуміти процеси розробки та управління подібними системами. Ознайомлення з цими аспектами дозволить нам на практиці застосовувати та вдосконалювати роботизовані платформи для подолання надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики.

Цей розділ міститиме детальний огляд наявних прикладів роботизованих платформ та їх програмного забезпечення. Це надасть нам основу та знання для подальшої роботи в практичній частині даної дипломної роботи.

## 1.1. ОСНОВНІ ТИПИ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ

Наземні робототехнічні платформи наразі отримали надзвичайно широке застосування, зокрема в промисловості, медицині, на виробництві, під час досліджень, у технічному обслуговуванні, галузі електроенергетики тощо.

У цьому розділі розглянемо основні типи наземних робототехнічних платформ, а саме: роботи на колесах, роботи з гусеничним шасі, роботи на повітряних подушках, крокуючі роботи та робототехнічні платформи.

Для пересування по рівних твердій поверхні найкраще підходять колісні роботи, оснащені колесами. Такі робототехнічні платформи користуються значним успіхом в автоматизованому виробництві, транспорті, дослідженнях та багатьох інших сферах. Зазвичай колісні роботи мають щонайменше два, а максимум шість коліс. Конфігурації цих коліс різноманітні: омні-колеса, диференціальне або синхронне керування.

Гусеничні роботи обладнані гусеничним шасі. Це забезпечує їм високу прохідність на нерівних шляхах, допомагає долати бар'єри і забезпечує досить високий рівень стабільності. Гусеничні робототехнічні платформи широко використовуються в важкій промисловості, військовій сфері та при дослідженні важкодоступних територій.

Наступна категорія робототехнічних платформ – крокуючі роботи. Вони застосовують так звані "ноги" для пересування по нерівних поверхнях, таких як сходи та різноманітні перешкоди. Крокуючі роботи стали популярними в даний час і активно вивчаються. Вони використовуються в різних галузях (рятувальні операції, надання медичної допомоги тощо).

Ще один тип робототехнічних платформ, який має свою особливість в використанні повітряної подушки для переміщення по землі, – роботи на повітряних подушках. Вони вважаються надзвичайно швидкими, з високою прохідністю та маневреністю. Роботи на повітряних подушках мають специфічні застосування (наприклад, перевезення вантажів на великі відстані за короткий термін).

Наземні робототехнічні платформи є доволі універсальними системами. Їх характеризує модульна конструкція, що дозволяє використовувати їх для різноманітних потреб. Наземні робототехнічні платформи можуть мати різні елементи руху, такі як: колісні, гусеничні, крокуючі і т.д. Вони можуть бути оснащені різними пристроями і сервоприводами для виконання поставлених завдань.

Кожен з наведених типів наземних робототехнічних платформ має свої технічні характеристики, переваги і недоліки. Саме ці характеристики визначають їхню здатність виконувати поставлені цілі, задачі та бути придатними для конкретних застосувань. У подальшій частині роботи буде детально розглянуто кожен з наведених класів наземних робототехнічних платформ.

Найпоширенішими та найпопулярнішими серед наземних робототехнічних платформ є колісні роботи. Різноманітність, різнотипність і гнучкість колісних робототехнічних платформ забезпечують їх широке використання в багатьох сферах.

Колісні роботи включають диференціальні, синхронні, омні-колеса, механум-колеса тощо. Вони мають велику різноманітність архітектури конфігурацій коліс. Різноманітність конфігурацій колес надає роботам можливість виконувати певні типи руху: прямолінійний рух, поворот на одній точці, рух по діагоналі та багато інших.

Перевагами колісних роботів є енергоефективність. Ці робототехнічні платформи мають досить просту конструкцію, адже колеса зменшують тертя, а це знижує споживання енергії під час руху. Такі роботи швидкі та маневрені, оскільки можуть досягати значних швидкостей. Якщо їх добре спроектувати, вони мають високий рівень маневрування, що робить їх успішними для досліджень, пошуково-рятувальних операцій, у яких динаміка і рухливість є важливими аспектами. Колісні робототехнічні платформи виготовляються за низькою вартістю і просто в обслуговуванні. Зазвичай вони є простішими у

виготовленні та ремонті порівняно з іншими типами робототехнічних платформ, такими як гусеничні або крокуючі.

Розглянемо недоліки колісних роботів. Вони мають обмежену прохідність. Незважаючи на свою швидкість та маневреність, колісні роботи можуть стикатися із труднощами під час пересування по складній місцевості або при русі через перешкоди, особливо в порівнянні з іншими типами робототехнічних платформ. Вони також можуть мати проблеми зі стабільністю, що може призвести до втрати контролю або навіть перекидання робототехнічної платформи на великих швидкостях або на схилах. Колісні робототехнічні платформи залежать від типу покриття, оскільки вони менш ефективні на слизьких, м'яких або нерівних поверхнях. Ефективність пересування колісних робототехнічних платформ сильно залежить від особливостей та типу поверхні. Але, незважаючи на всі недоліки, цей тип робототехнічних платформ залишається важливою частиною робототехніки через їхню гнучкість, високу ефективність та широкі можливості застосування.

У вирішенні технологічних задач важливе значення мають робототехнічні платформи, до яких належать колісні, гусеничні, крокуючі та комбіновані роботи. Вони можуть бути використані в дуже різних сферах, починаючи від індустрії до наукових досліджень та енергетики.

Отже, підсумовуючи, можна зазначити, що колісні робототехнічні платформи використовують колеса для переміщення, які включають прості роботи на двох колесах, складніші чотириколісні платформи та навіть омні-колісні роботи (приклад наведено на малюнку 1.1), здатні рухатися в будь-якому напрямку. Гусеничні робототехнічні платформи оснащені гусеницями, що забезпечує високу прохідність і стабільність, особливо на нерівних поверхнях або в важкодоступних місцях. Крокуючі робототехнічні платформи застосовують ноги для пересування, що дозволяє їм долати дуже нерівні поверхні, включаючи сходи.

Як окремий тип варто відзначити комбіновані платформи, які здатні поєднувати елементи колісних, гусеничних або крокуючих робототехнічних систем, забезпечуючи максимальну гнучкість, стабільність і прохідність.



Рис. 1.1 - Омні-колiсний робот Omni-Mecanum 4WD [1]

У даному розділі також буде описано детальніше унікальності різних категорій робототехнічних платформ.

На першому місці за популярністю знаходяться колісні робототехнічні платформи. Їх особливістю є здатність легко і швидко пересуватися по рівних поверхнях. Колісні робототехнічні платформи можуть мати різні конфігурації колес, що впливає на їх маневреність і можливість обертатися на місці.

На другому місці розташовані гусеничні платформи, такі як на рисунку 1.2. Цей тип платформ має високу прохідність, оскільки гусениці розподіляють вагу робота на більшу площу, що, в свою чергу, зменшує тиск на поверхню і дозволяє їм ефективно пересуватися по м'якому, крутих спусках або нерівностях.

Наступним типом платформ, який ми розглянемо, є крокуючі платформи. Вони відрізняються від інших тим, що можуть пересуватися по дуже складних

поверхнях, наприклад: сходи, каміння. Основною рисою крокуючих платформ є їх здатність залишатися нерухомими, використовуючи додаткову енергію.



Рис. 1.2 - Гусеничні платформи [2]

Як окремий вид робототехнічних платформ можна виділити комбінаційні платформи. їхня особливість полягає в тому, що вони використовують різні методи переміщення, що дозволяє їм максимально адаптуватися до середовища. Наприклад, робототехнічна платформа може мати гусениці для високої прохідності та колеса для швидкого пересування по рівних поверхнях.

Найбільше використання робототехнічних платформ спостерігається в промисловості. Наприклад, у компанії Amazon застосовують роботи Kuka для автоматизації роботи на складах. Широко використовують робототехнічні платформи і в логістиці, наприклад, компанія FedEx використовує роботів для доставки посилок по різних містах. Також робототехнічні платформи знаходять застосування в дослідженнях та розвідці. Наприклад, всесвітньо відома компанія NASA використовує роботи Curiosity Rover для дослідження Марса. Робототехнічні платформи набули значного використання й у військовій сфері.

Наприклад, для проведення розвідки на полі під час бою та для проведення рятувальних операцій використовують робототехнічні платформи Boston Dynamics Spot.

Різноманіття та специфіка робототехнічних платформ, що зараз швидко розвиваються та набувають широкого застосування, відкривають численні можливості для їх використання в різних сферах та галузях. А це, в свою чергу, сприяє інноваційним змінам та розвитку робототехніки загалом.

## 1.2. СЬОГОДЕННЯ І ПЛАНИ РОЗВИТКУ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ

На сьогоднішній день прогрес у розвитку наземних робототехнічних платформ є вражаючим. Відзначається значний розвиток у проектуванні та використанні наземних роботизованих систем. Інновації в технологіях та досягнення в галузі прикладної механіки, сенсорів і оптичних датчиків, алгоритмів управління і штучного інтелекту постійно підвищують функціональність, надійність і продуктивність наземних робототехнічних платформ.

В умовах сучасного розвитку робототехніки існує велика різноманітність роботизованих платформ. Наприклад, компанія Boston Dynamics створила безліч унікальних роботів, таких як Spot і Atlas, які відрізняються високою маневреністю, здатні підтримувати баланс та виконувати складні задачі. Ще один приклад — компанія Clearpath Robotics, яка представила платформу Husky, що використовується для логістичних завдань і дослідницьких проєктів. Особливо варто згадати робота ANYmal, який ефективно функціонує в екстремальних умовах, таких як важкодоступні та небезпечні території.

Наземні робототехнічні платформи мають широкий спектр застосування в різних галузях. Наприклад, у сфері логістики вони сприяють ефективному виконанню складування та транспортування товарів; у промисловості їх застосовують для автоматизації щоденних рутинних задач, таких як транспортування, складання, пакування товарів, зварювальні роботи або монтаж. У дослідницькому секторі ці платформи дозволяють досліджувати важкодоступні області, такі як пустелі, джунглі та гори, а також проводити вимірювання і збір даних. У повсякденному житті роботизовані платформи виконують функції помічників, спрощуючи щоденну рутинну діяльність людей.

Хоча наземні робототехнічні платформи досягли значних висот, все ще існує кілька невирішених питань. По-перше, важливо вдосконалити здатність роботів пересуватися по нерівних і складних поверхнях для забезпечення ефективності в гірських та лісистих місцевостях, а також в екстрених ситуаціях.

Також необхідно вдосконалити алгоритми штучного інтелекту та навчання з підкріпленням, щоб досягти повної автономності роботів і забезпечити їх надійну роботу в різних умовах. Не менш важливим є й врахування аспектів взаємодії роботів з людьми для забезпечення безпеки та ефективної співпраці.

Зважаючи на значні досягнення сьогодення, прогнозується, що в майбутньому наземні робототехнічні платформи стануть ще більш технологічними, ефективними, маневреними та автономними. Поєднання з новітніми технологіями, такими як штучний інтелект, машинне навчання та сенсорні технології, дозволить створити більш гнучкі та інтелектуальні системи. Наземні робототехнічні платформи знайдуть широке застосування в різних сферах, таких як наука, дослідження, освіта, логістика, медицина, електроенергетика, військова справа і безпека, підвищуючи безпеку та комфорт у різних аспектах життя людей.

### 1.3. ПРИКЛАДИ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ В ІНДУСТРІЇ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Важливу роль у промисловості, індустрії, електроенергетиці та наукових досягненнях відіграють робототехнічні платформи. Саме вони сприяють вирішенню складних завдань та оптимізації робочих процесів. У цьому огляді ми розглянемо конкретні приклади робототехнічних платформ, що знаходять застосування в різних галузях.

Першочергову увагу звернемо на Boston Dynamics Spot (Рис.1.3). Проаналізуємо його переваги, недоліки та технічні характеристики. Ця робототехнічна платформа має такі технічні параметри:

- час роботи від акумулятора – до 1,5 годин;
- вага – до 30 кг;
- наявність оптичних та тактильних сенсорів для сприйняття навколишнього середовища;
- розміри: 84 сантиметра x 48 сантиметрів x 105 сантиметрів;
- максимальна швидкість – до 1,6 м/с;
- вантажопідйомність – до 15 кг;
- кількість незалежних ступенів свободи: 12 [3].

Серед робототехнічних платформ Boston Dynamics Spot можна вважати найвідомішою. Вона демонструє високий рівень маневреності та здатність до автономного пересування. Цю робототехнічну платформу активно застосовують у промисловості, військовій сфері та наукових дослідженнях. Boston Dynamics Spot призначена для виконання різних завдань, таких як огляди, моніторинг об'єктів, транспортування вантажів, навчання та співпраця з людьми.



Рис. 1.3 - Boston Dynamics Spot

Спершу розглянемо переваги цієї роботизованої системи:

- велика вантажопідйомність для транспортування різноманітних об'ємних вантажів;
- наявність візуальних і інерційних сенсорів для сприйняття оточення та навігації;
- висока маневреність та адаптивність до різних типів рельєфу.

До недоліків Boston Dynamics Spot можна зарахувати:

- обмежена тривалість роботи на одному заряді акумулятора;
- необхідність проведення досліджень та поглибленого розвитку в програмуванні та налаштуваннях;
- висока ціна, недоступна для багатьох.

Наступна робототехнічна платформа, яку ми хочемо розглянути, є Clearpath Husky (Рис.1.4).



Рисунок 1.4 - Clearpath Husky [4]

Clearpath Husky має такі технічні характеристики:

- габарити: 98 см x 62 см x 38 см;
- кількість незалежних ступенів свободи становить 4;
- оснащений лазерним сканером та візуальними камерами для сприйняття оточення;
- вага: 39 кг;
- вантажопідйомність: до 75 кг;
- швидкість: до 1,7 м/с;
- тривалість роботи від акумулятора = 5 годин.

Роботизована платформа Clearpath Husky була спочатку розроблена для логістичних завдань, досліджень та навчання. Високий рівень маневреності та здатність долати нерівні поверхні роблять Clearpath Husky досить популярною та часто використовуваною у наукових дослідженнях, допомагаючи в зборі даних та вивченні важкодоступних місць.

Серед переваг цієї роботизованої платформи можна відзначити:

- здатність функціонувати в різних умовах та на різних типах поверхонь;

- тривалий час безперервної роботи;
- велика вантажопідйомність, що дозволяє транспортувати важкі вантажі.

Серед недоліків платформи Clearpath Husky варто виділити:

- відсутність інтегрованої системи розпізнавання оточення, наприклад, системи візуального розпізнавання, що може обмежити виконання деяких навігаційних функцій;
- обмежена маневреність, що може зменшити діапазон руху.

Наступною роботизованою платформою, яка заслуговує на особливу увагу, є ANYmal (Рис. 1.5) [5]

У наступних пунктах розглянемо технічні характеристики даного маніпулятора:

- вага до 30 кг;
- час автономної роботи: до 2 годин;
- кількість незалежних ступенів свободи – 12;
- габарити: 85 см x 60 см x 45 см;
- швидкість до 1,0 м/с;
- вантажопідйомність може становити до 20 кг;
- наявність лазерного сканера та візуальних камер для сприйняття оточення.



Рисунок 1.5 - ANYmal

Робототехнічна платформа ANYmal ефективно функціонує в різноманітних умовах, включаючи екстремальні та небезпечні середовища. Цей маніпулятор має адаптивну структуру, яка може змінюватися відповідно до різних умов, завдань та задач, таких як пошук і рятування, обстеження складних, важкодоступних об'єктів і моніторинг навколишнього середовища. Дана робототехнічна платформа є однією з найпопулярніших у наукових дослідженнях, робототехніці та промислових застосуваннях.

Визначимо переваги цієї робототехнічної платформи:

- можливість розпізнавання та орієнтації в навколишньому середовищі завдяки лазерному сканеру та візуальній камері;
- здатність рухатися по нерівних територіях та різних поверхнях;
- гнучкість та висока маневреність для виконання завдань в екстремальних умовах.

На нашу думку, платформі ANYmal властиві такі недоліки:

- вимагає технічних знань та досвіду в програмуванні та налаштування;
- обмежений час роботи від одного заряду;

- висока вартість, що робить її недоступною для багатьох користувачів.

Ще одна надзвичайно популярна та відома робототехнічна платформа – KUKA AGILUS (Рис. 1.6) [6].

Розглянемо детальніше ключові технічні характеристики моделі KUKA AGILUS KR 6 R900 sixx:

- вага робота приблизно 51 кг;
- максимальне навантаження моделі – 6 кг;
- кількість осей – 6;
- максимальний горизонтальний радіус – 900 мм;
- живлення лише від електромережі;
- повторюваність: + 0,03 мм;
- контролер KR C4 compact.

Наземна робототехнічна платформа KUKA AGILUS вважається досить компактною та використовується на виробничих лініях для автоматизації вантажно-розвантажувальних і монтажних робіт. Цей модуль славиться своєю високою точністю і швидкістю переміщення, що дозволяє працювати в обмежених просторах і сприяє скороченню часу виробничого циклу.

Наземна робототехнічна платформа KUKA AGILUS живиться від електромережі та управляється програмним забезпеченням, спеціально розробленим для роботів KUKA.



Рисунок 1.6 - KUKA AGILUS

Розглянемо переваги цієї робототехнічної платформи:

- безпечне співробітництво з людьми;
- висока точність і повторюваність рухів забезпечують точне виконання завдань;
- широкий спектр використання в автоматизованому виробництві.

Щодо недоліків цього модуля, можна відзначити наступне:

- потребує спеціалізованого програмного забезпечення та налаштувань для управління;
- висока вартість і недоступність для багатьох користувачів.

Інноваційна робототехнічна платформа ABB YuMi виділяється унікальною функціональністю, створена для реалізації значного глобального потенціалу автоматизації в промисловості ABB YuMi (Рис 1.7) [7]

Зазначена наземна робототехнічна платформа має такі технічні характеристики:

- вагою до 38 кг;
- працює від електромережі;
- має розміри: 590 мм x 380 мм x 290 мм;
- швидкість: до 1,5 м/с;

- візуальні камери як система сприйняття навколишнього середовища;
- вантажопідйомність: 0,5 кілограм;
- кількість незалежних ступенів свободи: 14.



Рисунок 1.7 - АВВ YuMi

Колаборативний робот АВВ YuMi, відміну якого становить наявність двох рук, призначений для спільного виконання роботизованих задач разом з людиною. Його невеликі габарити та висока точність дозволяють здійснювати складні маніпуляції з предметами. Робототехнічна платформа АВВ YuMi оснащена візуальною камерою для спостереження за оточенням і навігації.

Переваги цієї моделі полягають у тому, що:

- компактний розмір, що дає можливість використання в обмежених просторах;

- режим спільної роботи забезпечує безпечну взаємодію з людьми без необхідності захисних бар'єрів.

- висока точність і маневреність, дозволяючі переміщення складних об'єктів.

Недоліками цієї роботизованої платформи є:

- потреба в спеціальному програмному забезпеченні та навчанні для програмування і налаштування;

- не підходить для важких експлуатаційних умов через обмежену вантажопідйомність.

Ще одна наземна роботизована платформа, яка заслуговує на увагу – Fanuc M-2000iA (Рис. 1.8) [8].

Ця модель має такі технічні характеристики:

- візьмемо, наприклад, модель M-2000iA/1200, що важить близько 6750 кілограмів;

- тип: для розвантажувально-навантажувальних робіт;

- підлоговий модуль;

- багатофункціональний;

- кількість осей: 6;

- максимальне навантаження: 1200 – 1350 кілограмів;

- радіус дії: 3734 мм.

Компанія Fanuc розробила важку промислову роботизовану платформу Fanuc M-2000iA, котра використовується для виконання важких задач, таких як підняття, навантаження, розвантаження та транспортування великих об'єктів. Робот Fanuc M-2000iA відрізняється високою точністю, міцністю та довговічністю. Він працює від електромережі та потребує спеціалізованого програмного забезпечення для управління.



Рисунок 1.8 - Fанус M-2000iA

Переваги наземної роботизованої платформи Фафнус M-2000iA:

- великий вибір моделей дозволяє обрати оптимальну платформу для різноманітних задач;
- вражаюча вантажопідйомність, підходить для обробки великих і важких вантажів;
- висока точність, міцність і довговічність роблять її підходящою для важкої промисловості.

Недоліки цієї робототехнічної платформи:

- управління потребує спеціалізованого програмного забезпечення та налаштування;
- висока ціна, недоступна для багатьох користувачів.

Сучасні реалії такі, що наземні роботизовані платформи активно використовуються в промисловості, електроніці, логістиці, медицині, наукових дослідженнях, військовому секторі тощо. Технічні характеристики, можливості, функціонал та ефективність робототехнічних платформ значно спрощують виконання складних і небезпечних завдань, покращують робочі процеси та підвищують безпеку працівників.

Таким чином, в даному розділі ми розглянули особливості, характеристики та можливості кількох роботизованих платформ і можемо зробити висновок, що вони використовуються в багатьох сферах. Наземні роботизовані платформи широко застосовуються для автоматизації процесів, зменшення витрат та підвищення ефективності. Використання наземних роботизованих платформ у наукових дослідженнях дозволяє досліджувати складні середовища, збирати дані та здійснювати нові відкриття.

## 1.4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ

Наземні робототехнічні платформи створюють нові перспективи в різних сферах, від промисловості до наукового дослідження. Щоб робот міг виконувати свої завдання, йому потрібно спеціалізоване програмне забезпечення. Таке програмне забезпечення залежить від конкретної робототехнічної платформи, проте часто включає багато спільних елементів.

Перше, що ми вирішили обговорити в цьому розділі – це операційна система, яка є основою для функціонування програмного забезпечення робота. Одним з найвідоміших виборів для робототехнічних платформ є система Robot Operating System.

Robot Operating System – це гнучке середовище для розробки програмного забезпечення для роботів, яке містить бібліотеки, інструменти, драйвери і конвенції, які спрощують процес створення складного й надійного програмного забезпечення для роботів.

Основні переваги Robot Operating System включають модульність, велику кількість доступних пакетів, активну спільноту та підтримку широкого спектра апаратних засобів робототехніки. Але, варто зазначити, що Robot Operating System може бути складною для новачків і вимагати значних ресурсів.

Ще одним прикладом операційної системи для робототехнічних платформ є Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS). MRDS пропонує інтегроване середовище для розробки програмного забезпечення для роботів. Ця операційна система підтримує багатопотокову роботу і забезпечує зручний інтерфейс для створення та управління роботами.

Наведені вище фреймворки, Robot Operating System та Microsoft Robotics Developer Studio, значно спрощують процес розробки програмного забезпечення для роботів і надають розширені можливості для моніторингу, комунікації та управління роботами.

Наступним аспектом, який ми хочемо дослідити в цьому підрозділі – проміжне програмне забезпечення Middleware. Це програмне забезпечення є

шаром, що дозволяє різним елементам та компонентам робота взаємодіяти, спілкуватися і працювати спільно. Воно також слугує інтерфейсом для різних пристроїв і датчиків, підключених до робота.

Прикладом проміжного програмного забезпечення Middleware є MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

MQTT – це протокол обміну повідомленнями, який забезпечує надійний і легкий у використанні зв'язок між пристроями в Internet of Things (IoT). По суті, Message Queuing Telemetry Transport працює за принципом публікації/підписки. На основі моделі підписки, пристрої можуть публікувати повідомлення за певними темами та підписуватися на отримання повідомлень за цими темами, що забезпечує ефективну комунікацію між різними компонентами та пристроями робота.

Ще одним прикладом проміжного програмного забезпечення middleware для роботів є ROS middleware (таке як ROS 2), а також ряд протоколів OPC UA (Об'єктне зв'язування та вбудовування для процесів управління). Ці системи забезпечують зв'язок між різними компонентами робота і підключеними до нього пристроями, пропонуючи стандартизовану комунікацію.

Проміжне програмне забезпечення Middleware спрощує спілкування та взаємодію між різними компонентами робототехнічної платформи, а також забезпечує шляхи для обміну даними та підтримки модулів у синхронізованому стані.

Далі в нашому розділі ми розглянемо програмне забезпечення для взаємодії.

Програмне забезпечення для взаємодії забезпечує комунікацію між людьми та роботами.

Це програмне забезпечення може містити різноманітні користувацькі інтерфейси, такі як сенсорні екрани, візуальні, акустичні та тактильні інтерфейси.

Наприклад, для розпізнавання та розуміння людської мови, програмне забезпечення для роботів-помічників використовує NLP (Natural Language

Processing). Це дозволяє людині взаємодіяти з роботом через голосові команди або текстові повідомлення. Програмне забезпечення для взаємодії також може включати графічні інтерфейси користувача (GUI), що дозволяє працювати з роботами через дотики та жести, а також візуальні інтерфейси, які демонструють інформацію та стан робота.

Програмне забезпечення для взаємодії відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні комунікації, співпраці та взаємодії людей та робототехнічних платформ.

Надзвичайно важливе та популярне навігаційне і картографічне програмне забезпечення.

Наземні робототехнічні платформи повинні визначати своє місцезнаходження та планувати маршрути до вказаних цілей. Навігаційне і картографічне програмне забезпечення може допомогти роботам у досягненні цих цілей.

Навігаційне програмне забезпечення може включати алгоритми локалізації, які допомагають роботу з'ясувати своє місцезнаходження на основі відомої карти місцевості. Крім того, можуть бути присутні алгоритми планування маршруту, які дозволяють роботу знаходити найкращий шлях до зазначеної мети, уникаючи перешкод.

Навігаційне програмне забезпечення також сприяє створенню та оновленню карт навколишнього середовища. Це програмне забезпечення використовує дані з датчиків робота, таких як лазерні сканери й камери, для створення точних і детальних карт середовища.

Навігаційне програмне забезпечення надає можливість роботу орієнтуватися у навколишньому середовищі, здійснювати навігацію та виконувати завдання в заданому просторі.

Іншою сферою, яку ми розглянемо, є програмне забезпечення для сприйняття.

Програмне забезпечення для сприйняття допомагає роботам взаємодіяти з оточенням. Сюди входять системи комп'ютерного зору, які дозволяють роботам

«бачити» своє середовище і розпізнавати об'єкти. Програмне забезпечення для сприйняття охоплює обробку зображень, розпізнавання облич, виявлення об'єктів, вимірювання відстані та містить бібліотеку інших алгоритмів комп'ютерного зору. Воно використовує дані з різних датчиків, включаючи камери і 3D-сенсори, для отримання інформації про навколишній світ.

Програмне забезпечення сприйняття дозволяє роботам визнавати об'єкти, визначати їх місцезнаходження, орієнтацію та здійснювати взаємодію з ними. Воно застосовується в різних сферах, включаючи автономні транспортні засоби, робототехніку в складних умовах і промислову автоматизацію.

Наступним програмним забезпеченням, яке ми обговоримо, є програмне забезпечення для виконання завдань.

Наземні робототехнічні платформи зазвичай мають конкретні цілі або завдання, які необхідно виконати. Програмне забезпечення для виконання завдань містить код, що дозволяє роботу здійснювати ці завдання. Наприклад, у випадку роботизованого маніпулятора, спеціалізоване програмне забезпечення включає алгоритми планування руху, керування двигуном, виявлення та маніпуляції. Це дозволяє роботу виконувати безперервні дії для досягнення заданих цілей.

Програмне забезпечення для виконання завдань зазвичай є специфічним для певного типу робота або завдання. Воно використовується в ряді галузей, включаючи виробництво, логістику, медицину, енергетику та інші.

Останнім аспектом, який ми розглянемо в даному розділі, є віртуальні робототехнічні середовища.

Віртуальні робототехнічні середовища дозволяють розробникам моделювати роботів і їх оточення для тестування і розробки. З їхньою допомогою можна створювати віртуальні симуляції реальних роботів і оцінювати різноманітні алгоритми та стратегії без необхідності використання фізичного обладнання.

Прикладами віртуальних робототехнічних середовищ є Gazebo та Microsoft AirSim, які є потужними моделлюючими системами, що реалістично

відтворюють фізичні властивості роботів і їх оточення. Вони підтримують моделювання різних датчиків, динаміки та фізичних явищ, тоді як Microsoft AirSim спеціалізується на моделюванні дронів та автономних транспортних засобів і надає розширені можливості для розробки та тестування алгоритмів управління та систем штучного інтелекту.

Віртуальні робототехнічні середовища дозволяють розробникам прискорити процес створення, налагодження і тестування програмного забезпечення для роботів до його фактичного використання. Ці середовища допомагають зменшити витрати та ризики, пов'язані з реальними експериментами із фізичними пристроями.

## 1.5. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ АСПЕКТІВ ПРОГРАМУВАННЯ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ

Програмування наземних роботизованих платформ потребує усвідомлення кількох ключових моментів, які допомагають ефективно управляти роботизованим модулем. Розглянемо деякі з основних аспектів програмування, важливих для робототехніки.

Першим і, безсумнівно, найважливішим аспектом програмування наземних роботизованих платформ є контроль за рухом. Розробники використовують різноманітні алгоритми і методики для планування траєкторії руху робота, навігації в просторі та взаємодії з оточенням. До них відносяться алгоритми пошуку шляху, методи обробки сигналів для визначення положення і орієнтації робота, а також алгоритми управління для стабілізації його рухів.

Важливо враховувати фізичні обмеження, такі як динаміка руху, межі швидкості та імпульсу, щоб досягти високого рівня точності та швидкості рухів робота.

Іншим аспектом програмування наземних роботизованих платформ є розпізнавання навколишнього середовища. Для ефективної роботи роботизована платформа повинна мати можливість ідентифікувати своє оточення. Це передбачає застосування різних типів датчиків, таких як камери, лазерні сканери, гіроскопи та акселерометри тощо. Програмне забезпечення повинно бути здатно обробляти вхідні дані з датчиків, розпізнавати об'єкти й визначати їх положення, розмір, форму та інші характеристики. Це дозволяє наземним роботизованим платформам реагувати на своє оточення, планувати маршрут, уникати перешкод, розпізнавати обличчя, предмети, об'єкти тощо.

Наступним моментом програмування наземних роботизованих платформ є комунікація та взаємодія. Роботи можуть функціонувати самостійно або взаємодіяти з людьми й іншими роботами. Це вимагає ефективної системи комунікації та взаємодії між різними компонентами системи. Програмне забезпечення має підтримувати обмін даними, команди управління, інформацію про стан та інші форми взаємодії. Це можна реалізувати за допомогою

мережевих протоколів, служб обміну повідомленнями або спеціалізованих інтерфейсів. Взаємодія включає в себе спільну діяльність, передачу даних, синхронізацію дій та інші варіанти співпраці.

Інтерфейси прикладного програмування також є аспектом програмування наземних роботизованих платформ. Майже всі роботи пропонують свої API, надаючи розробникам стандартний інтерфейс для роботи з роботом та його функціями. Це дозволяє розробникам створювати власні програми й додатки для управління роботом і використання його можливостей. API пропонують методи для контролю рухів, доступу до даних датчиків, взаємодії з сервісами тощо, що полегшує програмування та розширює функціональні можливості робота.

Також до аспектів програмування роботів можна віднести розробку користувацьких інтерфейсів. Важливо створити користувацькі інтерфейси для забезпечення зручної та ефективної взаємодії між користувачем і роботом. Сюди входять графічні інтерфейси, голосові команди, віртуальні помічники та інші методи взаємодії. Користувацький інтерфейс допомагає управляти роботом, моніторити його стан, налаштовувати параметри робота та отримувати інформацію щодо результатів його роботи.

Усі наведені вище аспекти програмування роботів суттєві для успішного застосування роботизованих платформ у різних сферах. Розробка програмного забезпечення для роботів потребує ретельного планування, розуміння фізичних характеристик робота, врахування вимог до безпеки та ефективного використання алгоритмів і інструментів. Вдале використання цих аспектів програмного забезпечення допомагає роботам діяти автономно, безпечно та ефективно в різних умовах і під час виконання різноманітних завдань.

## 1.6. ВИСНОВКИ ДО 1 РОЗДІЛУ

Отже, в цьому підрозділі нашої дипломної роботи було вивчено наземні робототехнічні платформи, розглянуто реальні приклади таких платформ і їхнє програмне забезпечення. Ми дослідили основну інформацію про різні типи, характеристики та застосування наземних роботизованих платформ. Представлено кілька прикладів роботизованих платформ, які використовуються в промисловості, наукових дослідженнях та електроенергетиці. Крім того, було проаналізовано різне програмне забезпечення, що застосовується для розробки роботизованих додатків і програм.

З аналізу цієї глави можна зробити висновок, що наземні робототехнічні платформи складають важливу галузь робототехніки з великим потенціалом для використання. Вони відіграють ключову роль у промисловості, енергетиці, логістиці, наукових дослідженнях і військовій справі, сприяючи автоматизації, ефективності та безпеці в різних сферах.

Робототехнічні наземні платформи бувають колісними, гусеничними, пішохідними та комбінованими, з великою різноманітністю функцій і можливостей. Вони можуть дієво працювати в різноманітних умовах і знаходять застосування у промисловості, логістиці, дослідженнях, охороні громадської безпеки та електроенергетиці.

Колісні роботи – це один з основних видів наземних об'єктів, кожен з яких має свої власні особливості, переваги і недоліки. Вони ефективні з погляду споживання енергії і легко маневрують на великих швидкостях, але можуть втрачати стабільність на нерівних чи швидких поверхнях.

Аналіз сучасного стану і перспектив розитку наземних робототехнічних платформ дозволяє стверджувати, що еволюція і вдосконалення триватимуть. Застосування новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання і сенсорні системи, призведе до створення більш ефективних і маневрених автономних роботів. Вони будуть широко використовуватися в різних галузях, особливо в енергетиці, і відіграватимуть важливу роль у

покращенні промисловості, електроенергетики, логістики, досліджень і інших аспектах людської діяльності.

Отже, в даному розділі представлено огляд різноманітних наземних робототехнічних платформ і програмного забезпечення для глибокого розуміння їхніх можливостей і потенціалу у вирішенні завдань руху, навігації та взаємодії. Подальші дослідження і розробки в цій області відкриють нові горизонти у робототехніці.

Дослідження у цій частині демонструють, що наземні робототехнічні платформи та їх програмне забезпечення активно і швидко прогресують, надаючи нові функції та можливості. Використання наземних роботизованих платформ у різних сферах, від промисловості до наукових досліджень, відкриває великі перспективи для автоматизації, продуктивності і безпеки при виконанні різноманітних завдань.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

### 2.1 ВИЗНАЧЕННЯ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ТА ЇЇ КЛАСИФІКАЦІЯ

Український класифікатор надзвичайних ситуацій та інші офіційні нормативні документи визначають надзвичайну ситуацію наступним чином:

надзвичайна ситуація (НС) - це порушення нормального стану життя і діяльності людей на об'єкті або території, викликане аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, інфекційним захворюванням, пожежею, застосуванням засобів масового ураження, яке призвело до людських або матеріальних втрат, що спричинило або може спричинити такі втрати. [9]

Отже, причини подій, які можуть призвести до виникнення надзвичайної ситуації на території України, є різноманітними: надзвичайні ситуації техногенного характеру - це транспортні аварії, пожежі, незаплановані вибухи або їх загроза, вибухи з викидом хімічних, радіоактивних чи біологічних речовин, аварії, пов'язані з раптовим руйнуванням будівель, аварії на інженерних мережах та об'єктах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях і дамбах.

Природні небезпеки - це небезпечні геологічні, метеорологічні та гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів і надр, природні пожежі, зміни вітрових умов, епідемії серед людей і тварин, значне пошкодження врожаю через хвороби та шкідників, зміни в стані водойм, атмосфери і біосфери тощо.

Надзвичайні ситуації соціального та політичного характеру або що пов'язані з протизаконними діями терористичного та корупційного характеру: вчинення або реальна загроза терористичних актів (військова загроза, захоплення або утримання критично важливих об'єктів, ядерних установок та відходів, комунікацій та систем зв'язку, напади чи спроби нападів на екіпажі кораблів і суден), захоплення або спроба захоплення суден чи їх знищення, захоплення заручників, закладення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення або захоплення зброї, а також виявлення застарілих боєприпасів тощо.

Надзвичайні ситуації військового характеру, що пов'язані із застосуванням зброї масового ураження або локальних засобів ураження, які призводять до вторинних факторів, що викликають ураження населення, унаслідок руйнування атомних, сонячних, вітрових або гідроелектростанцій, складських приміщень або сховищ радіоактивних чи токсичних матеріалів або відходів, паливо-мастильних матеріалів, вибухових речовин, об'єктів транспорту та зв'язку тощо. Надзвичайні ситуації військового характеру в класифікації не розглядаються.

Надзвичайні ситуації поділяються відповідно до типу (категорії) інциденту, як показано на схемі. 2.1.



Рисунок 2.1. Класифікатор надзвичайних ситуацій в Україні

### Надзвичайні ситуації військового характеру.

Основною причиною нестачі детального опису надзвичайних ситуацій військового характеру є те, що військові дії можуть викликати різноманітні катастрофи – від руйнування інфраструктури та аварій на критичних об'єктах до екологічних катастроф національного масштабу.

Надзвичайні ситуації військового характеру як наслідок бойових дій у містах та населених пунктах.

Міста та селища завжди приваблювали війни. Як тільки вони виникли, вони стали головними цілями воєнних дій, і захоплення їх стало надзвичайно складним завданням. З часом зброя ставала дедалі потужнішою, а наслідки боїв у містах - все більш катастрофічними. У міських боях всі будівлі частіше за все опиняються під прицілом усіх видів звичайних озброєнь, оскільки вони є елементами оборони. Яскравим прикладом масового знищення житлових будинків є атака на чеченське місто Грозний у 1994 році. Багатоповерхові житлові будинки слугували оборонною базою і отримали значні пошкодження. Внаслідок атаки більшість житлових споруд була зруйнована, що призвело до численних жертв серед цивільного населення і повного знищення об'єктів, що забезпечують життєдіяльність міста. Електро- та водопостачання були припинені, лікарні та пожежна служба перестали функціонувати. Місто перетворилося на руїни. Іншим прикладом руйнування інфраструктури міста під час бойових дій є Донецький аеропорт: за 242 дні боїв, сотні спроб штурму і тисячі обстрілів будівлі аеропорту були цілковито знищені.

Проте, окрім руйнування житлових будинків, жертв серед мирних мешканців і знищення інфраструктури, бойові дії в містах несуть ще більшу загрозу. У кожному великому місті існує значна кількість різних промислових підприємств, пошкодження яких може призвести до надзвичайної ситуації великого масштабу. Насамперед це електростанції, підстанції, автотранспортні компанії та інші галузі важкої та легкої промисловості. Наслідки влучання боєприпасу в атомну електростанцію були б подібні до наслідків Чорнобильської та Фукусімської ядерних аварій в Японії.

Приємною новиною є те, що, на відміну від теплових електростанцій, атомні електростанції зазвичай розташовуються поза межами міст. Історично так склалося, що теплові електростанції будувалися в міських районах, а згодом - в передмістях. Основна небезпека теплових електростанцій полягає в тому, що вони потребують великої кількості пального для роботи. Паливо, зазвичай, зберігається поблизу електростанцій, що може призвести до ризику виникнення масштабних пожеж, які складно загасити навіть у звичайний час. Яскравим прикладом цього стала пожежа, яка виникла на київській нафтобазі у 2015 році.

Такі пожежі можуть легко перекинутися на сусідні будівлі. Промислові об'єкти також різняться і включають різні хімічні заводи та склади, де зберігаються великі обсяги горючих матеріалів. Пожежі на хімічних виробництвах також важко контролювати та можуть завдати серйозної шкоди навколишньому середовищу. У часи військових дій боротися з такими надзвичайними ситуаціями набагато складніше, ніж у мирний період.

Військові надзвичайні ситуації, не пов'язані з бойовими діями.

Військові надзвичайні ситуації не обов'язково виникають під час бойових дій. Часто вони пов'язані лише з військовими або політичними обставинами і не є наслідком активних бойових дій. Часто відступаючі війська роблять усе можливе, щоб затримати просування ворога. Найзначнішою гідроенергетичною катастрофою в Україні став підриг греблі Дніпровської ГЕС радянськими військами 18 серпня 1941 року. Програвши битву на кордоні, радянські війська швидко відступили на схід до Дніпра, і 18 серпня надійшла інформація, що Вермахт незабаром захопить місто Запоріжжя, де НКВС підірвали греблю найбільшої в Україні гідроелектростанції. За давньою радянською традицією, місцеве населення не було евакуйовано або, принаймні, не було попереджено про підготовлений вибух.

Вибухнула 20-тонна бочка з аміаком, утворивши величезну пробоїну завширшки 0,165 км. Хвиля з Дніпровського водосховища вирвалася через щілину, викликавши хвилі заввишки в десятки метрів. Було знищено прибережну зону Дніпра та заплаву острова Хортиця. Хвилі також досягли

сусідніх міст Нікополь та Марганець, розташованих нижче за течією. За різними оцінками, загинуло близько 100 000 осіб, більшість із яких становили цивільні мешканці прилеглих міст і сіл. Хвиля також змила радянські військові частини, які на той момент переправилися на лівий берег Дніпра. Промислові підприємства міста були паралізовані. Окупаційні війська зайшли в Запоріжжя лише через півтора місяця.

Іракські війська здійснили аналогічні дії в Кувейті в кінці 90-х. Після успіху коаліційних сил війська Хусейна були змушені залишити Кувейт. Перед відходом вони підірвали велику кількість нафтових свердловин, що призвело до витoku нафти з наземних резервуарів у Перську затоку. Якби нафтові свердловини не загасили, вони могли б горіти майже вічно. Нафта розтеклася по морю, а густий чорний дим від палаючої нафти завдав серйозної шкоди екосистемі регіону.

Надзвичайні ситуації військового характеру, спричинені використанням зброї масового знищення.

Безумовно, застосування зброї масового знищення призводить до найбільших жертв і наслідків у надзвичайних ситуаціях військового характеру. Найпотужнішою зброєю, створеною людством, була й залишається ядерна зброя. Ядерна зброя може доставлятися на поле бою за допомогою ракет, літаків та артилерії. Головним аспектом атомної зброї є масовані людські жертви, знищення або ураження об'єктів інфраструктури та інших споруд і техніки. Руйнівний вплив ядерного зброї залежить від потужності заряду, типу вибуху (поверхневий, підземний, повітряний, глибоководний або на великій висоті) та типу ядерної бомби. Проте в усіх випадках на людей негативно впливають різноманітні фактори (чинники ураження), такі як ударна хвиля, радіація, вторинні уражаючі фактори, а також електромагнітні імпульси, що поширюються зовні. За цими факторами слідує ще один фактор - радіоактивне забруднення, яке впливає як у зоні вибуху, так і при переміщенні радіоактивної хмари.

Ударна хвиля - це область швидкого стиснення навколишнього середовища, що поширюється у вигляді сферичної кулі в усі боки від точки детонації з гіперзвуковою швидкістю. Ця вібрація виникає завдяки величезній енергії, що вивільняється в зоні розпаду, де температура є надзвичайно високою, а тиск досягає критичних значень. Ця ударна хвиля може завдати значних пошкоджень або навіть призвести до смерті беззахисних людей чи тварин. Другорядним уражуючим фактором може бути вплив уламків зруйнованої інфраструктури чи інших об'єктів, що розлітаються з високою швидкістю.

Оптичне випромінювання складається з комбінації видимого світла та подібних до нього за спектром ультрафіолетових та інфрачервоних випромінювань. Джерелом оптичного випромінювання є зона світіння під час вибуху, що утворюється за рахунок нагрівального матеріалу боєголовки, повітря та земної поверхні. Температура цієї зони триває протягом певного часу до температури сонця (7-11 000 градусів). Світлове випромінювання триває в середньому кілька секунд. Пошкоджуюча дія світлового випромінювання проявляється значними світловими імпульсами. Пряме опромінення викликає опіки на прилеглих частинах тіла, тимчасову сліпоту та опіки сітківки. Існує також ризик вторинних опіків від полум'я палаючих автомобілів, споруд, рослинності та одягу. Крім того, фотонне випромінювання може викликати пожежі різної інтенсивності на об'єктах і в населених пунктах.

Проникаюча радіація є одним з серйозних факторів атомної зброї і характеризується гамма-променями та нейтронами, що випромінюються в атмосферу із зони вибуху. Крім того, до них додаються альфа- та бета-частинки, але їхній вплив на людей і об'єкти не розглядається через короткий термін їхнього життя. Тривалість дії проникаючої радіації не перевищує кількох секунд. Вплив проникаючої радіації на живі організми пов'язаний із ймовірністю розвитку променевої хвороби.

Електромагнітний імпульс - це магнітне поле, що виникає внаслідок взаємодії альфа-променів з атомами і молекулами оточуючого середовища, передаючи імпульс енергії. Він не завдає шкоди живим організмам, але може

спричинити проблеми при виникненні високої напруги і струму в проводах та кабелях повітряних ліній, систем сигналізації й електрозабезпечення, а також радіоантен.

Радіоактивне забруднення - це забруднення місцевості продуктами ядерного викиду. Це відбувається в результаті осідання радіоактивних дощів (матеріалів) з ядерного викиду. Основні джерела радіоактивності - це продукти поділу матеріалів, що входять до складу ядерного пального, а також наведена радіоактивність, тобто вплив випромінювання на певні хімічні елементи (наприклад, натрій, кремній, кобальт, залізо), що містяться в ґрунті. Радіоактивне забруднення має кілька характеристик, що відрізняють його від інших чинників ураження ядерних вибухів. А саме: велика площа поширення (від тисяч до десятків тисяч квадратних кілометрів), тривалий час наслідків опромінення (тижні, а іноді й місяці) і складність у визначенні радіоактивного матеріалу (він не має зовнішніх ознак, таких як колір або запах).

Після успішної атаки на Іодзіму у 1945 році Генеральний штаб США почав розробку планів вторгнення на японський архіпелаг. Враховуючи свій досвід ведення війни з японцями і інформацію про готовність японського населення до фанатичної оборони, американське командування оцінило, що атака на ключові міста імперії коштуватиме близько двох мільйонів життів і займе ще кілька років. Щоб уникнути затяжної війни, США вирішили застосувати найсучаснішу на той час ядерну бомбу.

Першою ціллю стала Хіросіма, на яку 06.08.1945 року була скинута атомна бомба під назвою «Малюк». О 8:15 ранку за місцевим часом на висоті 580 метрів над землею стався вибух, що еквівалентний приблизно 15 кілотонам у тротиловому виразі. Люди, які опинилися найближче до гіпоцентру, загинули миттєво, і їхні тіла перетворилися на порох. Птахи, що пролітали мимо, згоріли в повітрі, а сухі матеріали (наприклад, папір) загорілися на відстані до 2 км від епіцентру. Промені світла викарбували чорні візерунки на шкіряних одязі і залишили силуети людських тіл на стінах. Ті, хто не був у будівлях, пережили сліпучий спалах, за яким настала задушлива хвиля тепла. Вибух практично

миттєво накрив і збив з ніг всіх, хто перебував поблизу епіцентру. Люди в спорудах змогли уникнути світлового опромінення від вибуху, але не могли уникнути ударної хвилі. Один хлопець був викинутий вибуховою хвилею з приміщення через вулицю, а будівля за ним обвалилася. За лічені хвилини 95% осіб, що опинилися в радіусі одного кілометра від епіцентру, загинули.

Але сам скидання бомби був лише початком. Кілька менших пожеж, що виникли одночасно в місті, врешті-решт об'єдналися в один великий вогняний ураган, який з сильним вітром (60 км/год) вирвався з епіцентру займань. Вогняний ураган охопив понад 11 квадратних кілометрів міської території, і всі, хто не встиг втекти протягом декількох хвилин після вибуху, загинули. Через кілька днів лікарі почали помічати перші симптоми радіаційного опромінення у тих, хто вижив після вибуху. Смертність від гострої променевої хвороби досягла піку через три-чотири тижні після вибухів і почала знижуватися через сім-вісім тижнів.

Ще одним видом зброї масового знищення, використання якого має серйозні наслідки, є хімічна зброя. Найвідомішим прикладом масового застосування хімічної зброї та її впливу на екологію цілої країни є операція «Ранчо Хенд», проведена американськими військовими під час війни у В'єтнамі. Метою цієї операції було знищення рослинності лісів та хащ, що спростило виявлення партизанських загонів. Для усунення рослинності розпилювали дефоліант. Операція «Рука ранчо» розпочалася в лютому 1962 року і тривала до 1970 року. Хімічні речовини, що використовувалися, називалися рожевими, зеленими, пурпурними, блакитними і помаранчевими (назви походять від кольорів на етикетках контейнерів із хімічними речовинами). Найвідомішим був «Агент Оранж», який виявився токсичним для людського організму. Під час війни американські військові витратили 72 тисячі кубічних метрів дефоліанта Agent Orange в Південному В'єтнамі для знищення лісів, з яких 44 тисячі кубометрів містили діоксин. Діоксин - це хімічна речовина, яка потрапляє в організм людини через воду і їжу, викликаючи різноманітні захворювання печінки і крові, серйозні вроджені дефекти та проблеми з вагітністю. В цілому,

приблизно 4,8 мільйона людей постраждали внаслідок розпилення дефоліантів у В'єтнамі, з них 3 мільйони - прямі жертви. Екологічні наслідки масового використання хімікатів надзвичайно серйозні. Майже повністю були знищені мангрові ліси (500 000 га), постраждав 62% тропічних лісів (близько 1 млн га) та 35% рівнинних лісів (понад 100 000 га), а з 1960 року збори каучукових плантацій зменшилися на 75%; використання хімічних добрив призвело до знищення понад 1,5 млн га мангрових лісів; використання хімічних добрив призвело до знищення понад 1 млн га мангрових лісів. Були знищені від 40 до 100% плантацій бананів, рису, картоплі та томатів, 70% кокосових плантацій, 60% гевеї і 110 000 га плантацій казуарини.

Використання хімікатів суттєво змінило екологічний баланс. У постраждалих районах залишилося 18 з 150 видів птахів, амфібії та комах практично зникли, зменшилась кількість риби в ріках та змінився її видовий склад. Мікробіологічний склад ґрунтів був порушений, а рослини отруєні. Кількість видів дерев і чагарників у тропічних лісах різко скоротилася, і на постраждалих територіях залишилося лише кілька видів колючих трав, непридатних для корму худобі. Зміни в фауні В'єтнаму призвели до того, що один вид чорного щура, який переносить чуму в Південній і Південно-Східній Азії, був витіснений іншим видом. Змінився видовий склад кліщів - стали з'являтися кліщі, які передають небезпечні хвороби. Замість безпечних ендемічних комарів, наявні комарі-переносники малярії.

Отже, наведені приклади демонструють, що використання різних видів зброї у військових конфліктах може мати дуже серйозні наслідки, у тому числі для екосистем цілих регіонів.

З 2014 року українська держава опинилася в складній ситуації. Як у військовому, так і в політичному плані. Військова агресія з боку так званої росії призвела до окупації частини території, що змусило Україну захищати свої межі та національну єдність усіма можливими способами. Найзначнішим етапом цього конфлікту стали бойові дії на Донбасі та Луганщині. У цьому протистоянні були залучені майже всі види та типи так званих звичайних озброєнь, що

призвело до величезних руйнувань і численних жертв. Отже, це призвело до формування ситуацій, які можна назвати «надзвичайними ситуаціями військового характеру».

Хоча агресія так званої росії і бойові дії самі по собі є надзвичайними ситуаціями, Національний комітет з класифікації надзвичайних ситуацій визначає надзвичайну ситуацію військового характеру як ситуацію, пов'язану з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, що призводить до руйнування атомних і гідроелектростанцій, складів і сховищ радіоактивних, отруйних і відпрацьованих матеріалів, нафтопродуктів, вибухових речовин, транспортних та інженерних комунікацій, що викликає вторинні фактори ураження всього живого.

## 2.2. ОГЛЯД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Моніторинг - це спостереження за змінами в часі стосовно стану об'єкта під впливом факторів навколишнього середовища та людської діяльності, вивчення отриманих даних і формування корисних прогнозів на основі цього аналізу. Головною метою моніторингу є своєчасне виявлення несправностей і негативних тенденцій, запобігання аваріям і надзвичайним ситуаціям, а також мінімізація збитків, що виникають внаслідок катастроф і воєн.

Це може бути досягнуто через організацію безперервного моніторингу об'єктів, що підлягають ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Для отримання зрозумілої та об'єктивної інформації про об'єкт моніторингу потрібно здійснювати комплексний і комбінований моніторинг на основі принципів системного підходу. Проектування, розробка та впровадження систем моніторингу можуть виконати цю задачу. Однак важливо ретельно продумати всі етапи збору контрольних даних, щоб забезпечити їх точність та якість. Одним з варіантів здійснення ефективної системи моніторингу є збір та систематизація інформації про надзвичайні ситуації, що сталися, а також розробка подальших заходів на основі цих даних.

Етапи завдань та функції, які виконує система моніторингу та прогнозування НС:

- збір та аналіз інформації про потенційні джерела небезпеки (землетруси, вулканічні виверження, смерчі, торнадо, лісові пожежі, повені, нетипові зміни в природі, епідемії, вибухи на промислових об'єктах, небезпечні та токсичні викиди, руйнування будівель, ДТП, терористичні акти, війни);

- наукові висновки на основі отриманої інформації та пояснення закономірностей і причин виникнення надзвичайних ситуацій;

- формування інформаційної бази даних про джерела загроз для надзвичайних ситуацій;

- ідентифікація потенційних джерел НС і оцінка їх ймовірності. Прогнозування виникнення, характеру, масштабів і сценаріїв розвитку НС;

- створення алгоритмів дій в умовах надзвичайних ситуацій;

- прийняття та координація заходів (включаючи екстрені) для запобігання та локалізації НС;

- сповіщення та евакуація населення;

- забезпечення безпеки цивільного населення;

- зменшення руйнівних наслідків, мінімізація та ліквідація (як короткострокових, так і довгострокових) наслідків та відновлення нормального функціонування людей;

- прогнозування наслідків і збитків від впливу загроз на навколишнє середовище, життєдіяльність живих організмів та можливих матеріальних втрат.

Проаналізуємо міжнародні досягнення моніторингу надзвичайних ситуацій. У західних країнах усвідомлення необхідності створення організаційних структур для підтримки прийняття рішень в надзвичайних ситуаціях різного походження стало визнаним і реалізованим через конкретні процедури. У Німеччині, наприклад, у 2002 році було засновано Загальний інформаційно-ситуаційний центр (Gemeinsames Melde- und Lagezentrum - GMLZ) під егідою Федерального відомства з цивільного захисту та надання допомоги в надзвичайних ситуаціях. Центр спільних даних (Gemeinsames Melde- und Lagezentrum - GMLZ) має наступні повноваження:

- отримання термінової інформації, в тому числі для ЗМІ, у разі виникнення значної надзвичайної ситуації;

- збір, регулярне оновлення та надання федеральним міністерствам і місцевим органам влади відомостей про загальну ситуацію в царині захисту населення;

- аналіз шкоди і можливих наслідків, пов'язаних з надзвичайною ситуацією;

- прогнозування загроз і можливих наслідків, пов'язаних з надзвичайною ситуацією;

- визначення обсягу необхідних ресурсів.

У Швейцарії у структурі виконавчої влади, що відповідає за реалізацію державної політики в сфері цивільного захисту (Федеральне відомство з питань

цивільного захисту), функціонує Національний оперативний центр з надзвичайних ситуацій (NEC) - федеральний центр експертної допомоги у вирішенні надзвичайних ситуацій. Центр може працювати як у режимі цілодобового моніторингу, так і в режимі мобілізації ресурсів (власними силами, з залученням ресурсів інших відомств та підприємств). Основні завдання оперативного центру включають організацію реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з радіоактивними речовинами, аваріями на хімічних підприємствах, руйнуваннями дамб та великими стихійними лихами.

Таким чином, завдання цього центру включають:

- постійний оперативний аналіз та всебічний моніторинг актуальних загроз;
- прогнозування позитивної динаміки розвитку та виявлення/усунення загроз;
- теоретичне прогнозування кризових ситуацій;
- координація дій відомчих органів до та під час кризової ситуації;
- прийняття необхідних рішень для запобігання та подолання кризових ситуацій і зниження їх наслідків.

Цивільна оборона Сполучених Штатів Америки почала формуватися у 50-х роках ХХ століття, на початку холодної війни. Саме в той період був ухвалений законопроект, який згодом став законом про цивільну оборону. Згідно з цим законом, системи цивільної оборони мали за завдання захистити міста і промислові центри від масових повітряних нападів можливого радянського ворога, а згодом – і від ядерної атаки. Після початку війни була створена система сповіщення, мережа укриттів і евакуаційних центрів, а також розроблено план евакуації з небезпечних зон. Пізніше було засновано Федеральне агентство з надзвичайних ситуацій (FEMA, з штаб-квартирою у Вашингтоні, округ Колумбія). Згідно з мандатом, наданим FEMA, організація повинна відповідати таким критеріям:

- забезпечення функціонування країни в умовах ядерного конфлікту;

- розробка планів евакуації для громадян США із потенційно небезпечних територій;
- реалізація заходів відповідно до будівельних планів захисних об'єктів;
- удосконалення та посилення захисту систем зв'язку та оповіщення;
- забезпечення оборони та якісної роботи федеральних і місцевих органів влади;
- створення та розподіл продовольства на випадок надзвичайних ситуацій.

Організація заходів захисту населення та територій від надзвичайних ситуацій у Великій Британії базується на досвіді порятунку людей, культурних цінностей і матеріальних ресурсів під час бомбардувань під час Першої та Другої світових воєн та подальших збройних агресій. Система фактично не відрізняється від аналогічних у Німеччині та Франції. Основні місії залишаються незмінними: планування, навчання, координація дій державних і місцевих органів влади під час звичайних і надзвичайних операцій, зокрема під час рятувальних заходів, зв'язку та сповіщення. Так само, як і FEMA в США, британська система не має власних підрозділів або ресурсів, окрім підрозділу спостереження за радіаційною безпекою. Військово-політичне керівництво докладає значних зусиль для підготовки населення до дій у випадку виникнення критичних ситуацій та підготовки кваліфікованих кадрів у сфері запобігання і ліквідації негативних наслідків.

Таким чином, організація і діяльність цивільної оборони в кожній країні має спільні засади:

1. Незважаючи на зменшення загрози ядерного конфлікту та зростання викликів, пов'язаних із запобіганням техногенним катастрофам і природним лихам, негайне реагування на спалахи, проведення рятувальних та інших термінових заходів, ці системи продовжують відігравати важливу роль у забезпеченні національної оборони.

2. Управління цими системами здійснюється на державному рівні, або безпосередньо через Міністерство оборони або Міністерство внутрішніх справ та зв'язку, або через спеціальні державні структури.

3. Дії в надзвичайних ситуаціях організуються міністерствами та місцевими органами влади, які мають необхідні ресурси та сучасне обладнання, зокрема у США, Німеччині, Франції, Великобританії. Багато країн, зокрема США, Німеччина, Франція, Великобританія, Італія та Японія, організують і проводять найбільше рятувальних та термінових операцій, тому вони зосереджені на підготовці до дій у надзвичайних ситуаціях. Крім того, для ліквідації наслідків аварій та стихійних лих залучаються громадські організації та волонтери.

4. У багатьох країнах створено новітні системи управління силами та ресурсами, системи підготовки керівного складу та особистого складу аварійно-рятувальних формувань та інших організацій, а також навчене населення, готове реагувати у різних типах надзвичайних ситуацій.

Таким чином, вивчення досвіду інших держав свідчить про те, що алгоритми захисту населення і територій від катастроф природного, техногенного та військового характеру можуть забезпечити життєдіяльність населення і об'єктів соціально-економічної та інфраструктурної сфери в разі виникнення таких надзвичайних ситуацій.

Моніторинг надзвичайних ситуацій в Україні.

Розглянувши та проаналізувавши наявну інформацію про систему моніторингу надзвичайних ситуацій і систему цивільного захисту в Україні, можна ствердно сказати, що ситуація в цих адміністративних сферах є незадовільною. Цю тему також порушується в статті «Проблеми інформаційного забезпечення у сфері цивільного захисту в Україні» в електронному журналі «Державне управління: удосконалення та розвиток». Зокрема, в оновленій Стратегії нацбезпеки України, затвердженій Указом Президента України № 287/2015 від 26 травня 2015 року «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року “Про Стратегію національної безпеки України”», підкреслено, що однією з актуальних загроз безпеці є незадовільний стан Єдиної державної системи та сил цивільного захисту, а також системи моніторингу довкілля, тоді як інші законодавчі та нормативно-правові акти

також потребують серйозного вдосконалення. Наприклад, Кодекс цивільного захисту України (Кодекс ЦЗ) містить лише загальні засади виконання заходів з попередження і оповіщення про загрози і виникнення надзвичайних ситуацій. У ньому також зазначено, що на даний момент моніторинг і прогнозування надзвичайних ситуацій в Україні здійснюється на рівні регіональних, відомчих та інших автономних систем, не будучи інтегрованими в єдиний інформаційно-аналітичний комплекс.

Закон України «Про цивільний захист» передбачає створення та функціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій, але де-юре в державі не створено загальнодержавної системи моніторингу джерел виникнення надзвичайних ситуацій. Регіональні та функціональні підсистеми Єдиної державної системи цивільного захисту не забезпечують належним чином щоденний збір, обробку, передачу і аналіз інформації щодо ймовірності і виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного, соціального та навіть воєнного характеру, а також розробку превентивних заходів та пропозицій щодо їх реалізації. В ЄДСЦЗ немає режиму надзвичайної ситуації, бракує комплексних методів збору, обробки, передачі та аналізу інформації про ймовірність і виникнення надзвичайних ситуацій, а технічне забезпечення для виконання таких завдань є невдовільним. Однією з актуальних проблем є стан системи інформування та оповіщення населення в разі виникнення надзвичайних ситуацій, яка потребує вдосконалення. Слід зазначити, що існуюча система оповіщення та інформування населення України була розроблена ще за радянських часів. Обладнання, яке використовується в цій системі централізованого оповіщення, відпрацювало свій термін експлуатації, стало морально застарілим і знято з виробництва. Ремонтні комплекти також вичерпали свій ресурс. Через тривалі терміни експлуатації збільшується кількість технічних збоїв. Мережа оповіщення, що використовує проводове радіомовлення, практично знищена. Кількість дротових радіостанцій з кожним роком зменшується. Оператори телекомпаній, радіокомпаній, інтернет-провайдери та компанії мобільного зв'язку не залучені до системи оповіщення.

У своїх висновках автори статті зазначають, що структура цивільного захисту України та її нормативно-правова база відображають інформаційне забезпечення лише частково й несистемно, не передбачають створення системи інформаційно-аналітичної підтримки цієї структури та не відповідають сучасним вимогам.

Матеріально-технічна база системи інформування та сповіщення є недостатньою та потребує оновлення відповідно до останніх технологічних стандартів для забезпечення:

- своєчасного (протягом 3-5 хвилин) сповіщення про загрози та надзвичайні ситуації.

- автоматизовані системи раннього виявлення та сповіщення про надзвичайні ситуації повинні бути інтегровані у централізовану регіональну систему сповіщення.

- достовірного та актуального доведення інформації до державних структур, підрозділів цивільного захисту, служб і екіпажів спеціальної техніки, які задіяні в ліквідації наслідків НС, у терміни, визначені нормативно-правовими актами.

Очікується, що ці заходи забезпечать виконання основної функції цивільного захисту - охорону життя та здоров'я громадян України.

### 3. РОЗРОБКА МОДЕЛІ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УСУНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

#### 3.1 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УСУНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Сучасні наземні міни являють собою суттєву загрозу для територій, що постраждали від війни. Зазвичай, міни та інші боєприпаси не обладнані механізмами самознищення і можуть залишатися нерозірваними протягом багатьох років, що робить їх виявлення та знищення надзвичайно важливими. На сьогоднішній день існує близько 2000 різновидів наземних мін та понад 650 видів протитанкових боєприпасів. Ці боєприпаси класифікуються на кілька категорій, включаючи осколкові пристрої, вибухові елементи, пристрої наведення та обмежувальні системи [19].

При створенні наземної робототехнічної платформи для реагування на надзвичайні ситуації в сфері енергетики слід врахувати такі основні аспекти [20]:

- врахування гнучкої динаміки та модульних конструкцій;
- розробка автономної або напівавтономної навігації для роботи в динамічних, нетипових умовах;
- інтеграція різних сенсорів, як однорідних, так і гетерогенних, з метою формування єдиного масиву даних;
- на основі отриманих даних реалізація прийняття рішень та застосування штучного інтелекту;
- співпраця між різними роботами, координація та планування;
- передача інформації за допомогою бездротових технологій;
- впровадження штучної реальності та технологій реального часу для планування та логістики;
- розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу;
- використання структур управління на основі мобільності [21].

Виходячи з наведеного вище та з урахуванням проведених досліджень, нами була розроблена структурна схема (рисунок 3.1).

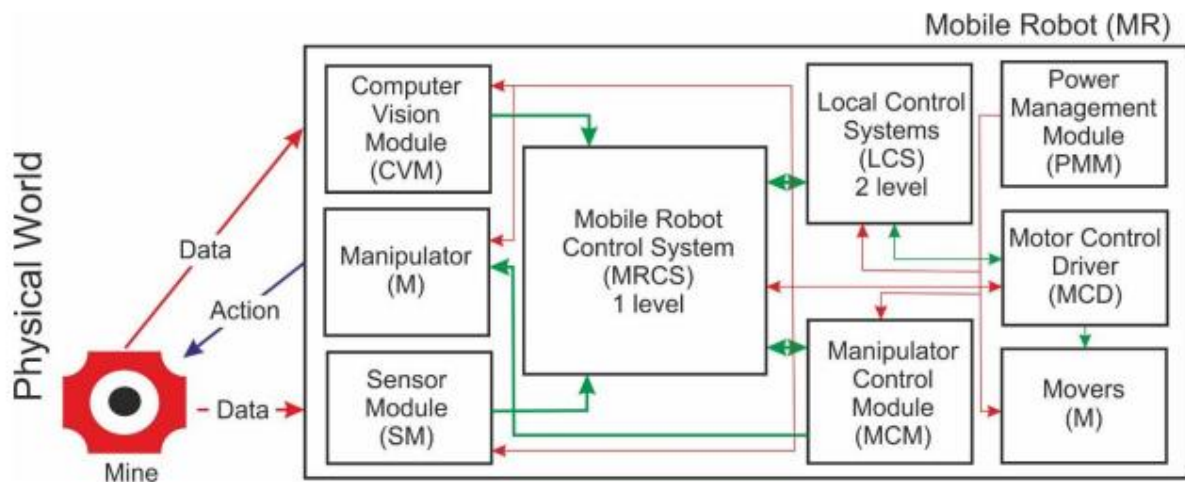


Рисунок 3.1 – Структурна схема наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики [20]

Дана структурна схема наземної роботизованої платформи для усунення надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики розділена на такі модулі [20]:

- модуль Mine представляє собою конкретну фізичну загрозу (міна, боєприпас), яка виявляється в полі зору системи розпізнавання;
- блок Computer Vision Module (CVM) – це комп’ютерний зоровий модуль, що передає інформацію в центр управління про навколишнє середовище;
- модуль Manipulator (M) – це маніпулятор, захват, що взаємодіє з мінами та вибуховими речовинами;
- блок Sensor Module (SM) – це датчиковий модуль, розміщений на платформі розмінування, включаючи ультразвукові та лазерні далекоміри;
- модуль Mobile Robot Control System (MRCS) – система управління мобільним роботом. Вона знаходиться на першому рівні та містить одноплатний комп’ютер з операційною системою. Цей комп’ютер обробляє та формує сигнали управління, а також аналізує відеосигнали з камер і визначає, коли втрачається зв’язок з оператором;

- блок Local Control System (LCS) – система керування, що розташована на другому рівні. Вона призначена для управління драйвером для управління двигуном Motor Control Driver (MCD). Додатково вона допомагає знижувати навантаження на MRCS та створює можливості для розподілених систем управління;

- блок Manipulator Control Module (MCM) – модуль керування маніпулятором. Він знаходиться на другому рівні і контролює рух елементів;

- модуль Power Management Module (PMM). Цей блок складається з модуля управління живленням і має акумулятор;

- блок Motor Control Driver (MCD) – модуль управління двигуном. Його особливістю є підтримка PWM сигналів;

- модуль Movers (M) – відповідає за управління двигунами.

### 3.2 ВИБІР АПАРАТНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Наступним важливим етапом у розробці наземної робототехнічної платформи для реагування на надзвичайні ситуації в електроенергетичній галузі є вибір апаратних модулів для системи управління. Це потрібно для того, щоб конструкція відповідала всім необхідним стандартам для максимально ефективної роботи [22].

На основі структурного креслення та враховуючи структурну схему, необхідно обрати такі елементи:

- одноплатні комп'ютери для управління всією системою;
- серводвигуни;
- датчики дистанції;
- двигуни;
- модуль комп'ютерного зору.

Оскільки ліквідація та подолання надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики є надзвичайно небезпечними для життя людини, розроблювана наземна робототехнічна платформа повинна бути обладнана функцією дистанційного керування. Щоб оператори могли спостерігати і взаємодіяти з навколишнім середовищем навколо робототехнічної платформи на відстані, важливо чітко визначити відповідальну за це систему SVM. У робототехніці застосовуються різні системи, як окремі модулі камер, так і в комбінації з мікроконтролерами або одноплатними комп'ютерами. Для цих цілей переважно використовуються мікроконтролери ESP32-Cam, модулі камер Raspberry Pi Camera Module, модулі ArduCam, такі як OV2640, OV9281 та OV7670, а також інші USB-камери [23]. З метою вибору модуля комп'ютерного зору було здійснено порівняльний аналіз ключових характеристик наступних камер: ESP32-Cam, ArduCam OV7670, камера Raspberry Pi Camera Module 3. Результати порівняння характеристик наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики камер

Параметр	ESP32-Cam	ArduCam OV7670	Raspberry Pi Camera Module 3
Робоче напруження	5 В	3 В – 5 В	3,3 В – 5 В
Роздільна здатність	2 Мп	0,3 Мп	11,9 Мп
Максимальна кількість кадрів	від 5 до 30 fps	до 30 fps	до 90 fps
Кут огляду	120°	24°	75°
Інтерфейс підключення	UART, I2C, SPI, PWM	SCCB	I2C, FFC
Підтримка Wi-Fi/Bluetooth	Є	Немає	Немає
Робоча температура	-40 °С – 50 °С	-40 °С – 70 °С	0 °С – 50 °С
Розмір	40,5 мм x 27 мм x 4,5 мм	35 мм x 35 мм x 31 мм	25 мм x 24 мм x 11,5 мм
Вага	10 г	13 г	5 г

Загальний вигляд камер представлено на рисунку 3.2.



а)



б)



в)

а) камера ESP32-Cam;

б) камера ArduCam OV7670;

в) камера Raspberry Pi Camera Module 3

Рисунок 3.2 – Камери ESP32-Cam, ArduCam OV7670, Raspberry Pi Camera Module 3 [24, 25, 26]

На основі здобутих результатів для створення наземної роботизованої платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики було вибрано ESP32-Cam. Це рішення обґрунтоване її доступністю, простотою програмування, наявністю бездротового зв'язку та компактним дизайном, що об'єднує не тільки камеру, але й мікроконтролер ESP32, що забезпечує високий рівень інтеграції та зменшує кількість елементів [27].

Наземна робототехнічна платформа для ліквідації надзвичайних ситуацій у електроенергетиці повинна мати можливість маніпулювати небезпечними об'єктами та піднімати їх або їх окремі складові. Для цього застосовується робочий захват, що управляється чотирма серводвигунами. Перший серводвигун відповідає за маніпулювання кінцевим ефектором, в той час як інші три формують основу маніпулятора. Оскільки на сьогоднішній день існує безліч різних типів серводвигунів, було проведено їх аналіз і обрано такі моделі: TowerPro SG90, TowerPro MG90S та PZ-15320.

Результати аналізу наведені в таблиці 3.2, а огляд серводвигунів показаний на рисунку 3.3.

Таблиця 3.2 – Порівняння серводвигунів

Параметр	TowerPro SG90	TowerPro MG90S	PZ-15320
Модуляція	аналоговий	цифровий	цифровий
Робоча напруга	3,5 В – 5 В	4,8 В – 6 В	2,8 В – 4,2 В
Швидкість	0,12 с/60° (4,8 В)	0,10 с/60° (4,8 В) 0,08 с/60° (6 В)	0,06 с/60° (2,8 В) 0,05 с/60° (3,7 В)
Кут повороту	180°	180°	180°
Обертаючий момент	1,8 кг/см	1,8 кг/см – 2,2 кг/см (4,8 В)	0,06 кг/см (2,8 В) 0,07 кг/см (3,7 В)
Тип передачі	пластик	метал	пластик
Розміри	23 мм х 29 мм х 12 мм	32 мм х 32 мм х 12 мм	14 мм х 6,2 мм х 17,9 мм
Вага	9 г	14 г	4 г



а) серводвигун TowerPro SG90S;

б) серводвигун TowerPro MG90S;

в) серводвигун PZ-15320

Рисунок 3.3 – Інтерфейс серводвигун TowerPro SG90, TowerPro MG90S, PZ-15320 [28, 29, 30].

В якості джерела живлення для маніпулятора ми вибрали серводвигун TowerPro MG90S. Сервопривід TowerPro MG90S має необхідні характеристики потужності для багатьох застосувань, що потребують невеликих зусиль і точного контролю, є компактним, енергоефективним і доступним за ціною.

Для SM потрібно вибрати відповідний ультразвуковий датчик. Практично всі об'єкти електроенергетики розташовані на віддалених територіях, важкодоступних місцях, тому для вимірювання відстані до об'єкта та для уникнення перешкод під час руху використовуються ультразвукові датчики. Встановлення датчика допомагає наземній робототехнічній платформі визначити точне положення механізму захоплення маніпулятора, що забезпечує точне захоплення і переміщення об'єкта.

Ультразвукові датчики вимірюють відстань за принципом ультразвукової ехолокації. Цей принцип ґрунтується на вимірюванні часу, що минув між відправленням ультразвукового сигналу та отриманням його відлуння. Найпоширенішими ультразвуковими датчиками є HC-SR04 та US-100. Їхні порівняльні характеристики представлені в Таблиці 3.3.

Розроблена наземна робототехнічна платформа вимагає використання чотирьох ультразвукових датчиків з обох боків модульної платформи для додаткового виявлення перешкод.

Таблиця 3.3 – Ультразвукові датчики мають наступні порівняльні характеристики

Параметр	HC-SR04	US-100
Напруга живлення	5 В	3 – 5 В
Статичний струм	до 2 мА	до 2 мА
Робочий струм	15 мА	15 мА
Ефективний кут	15°	15°
Діапазон виміру відстані	2 см – 450 см	2 см – 500 см
Максимальна точність датчика	0,3 см	0,3 см

Огляд ультразвукових датчиків, що використовуються в аналізі, показано на рисунку 3.4.



а) ультразвуковий датчик HC-SR04;

б) ультразвуковий датчик US-100

Рисунок 3.4 – Інтерфейс ультразвукових датчиків HC-SR04 та US-100 [31, 32]

Було вирішено вибрати ультразвуковий датчик HC-SR04, і на це є кілька причин. По-перше, ціна цього датчика є більш доступною в порівнянні з ультразвуковим датчиком US-100. Крім того, HC-SR04 є простим у використанні, надійним та його легко інтегрувати в різноманітні проекти. На відміну від лазерних дальномірів, його можна застосовувати в широкому спектрі

погодних умов. Цей датчик є відмінним вибором, оскільки його зручно використовувати в проєктах Arduino, і він сумісний з іншими системами.

Для управління всією наземною робототехнічною платформою для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики був обраний одноплатний комп'ютер Arduino UNO R3. На рисунку 3.5 подана плата, яку ми обрали.



Рисунок 3.5 – Інтерфейс плати Arduino UNO R3 [33]

Зазначимо основні технічні характеристики плати Arduino UNO R3:

- у складі мікроконтролер ATmega328P;
- 32 кБ флеш-пам'яті;
- тактова частота процесора – 16 МГц;
- 2 кБ оперативної пам'яті;
- робоча напруга: 7 В – 12 В;
- порти вводу/виводу: 14 цифрових вхідних/вихідних портів, 6 з яких можуть функціонувати як аналогові входи [33].

Для пересування наземної робототехнічної платформи обрано гусеничне шасі. Це забезпечує переваги для переміщення робота в умовах важкого рельєфу, на складних поверхнях, таких як поле, чагарники або ліс. Для пересування гусеничного шасі використовується мотор-редуктор 1:48 DC 3V-6V.

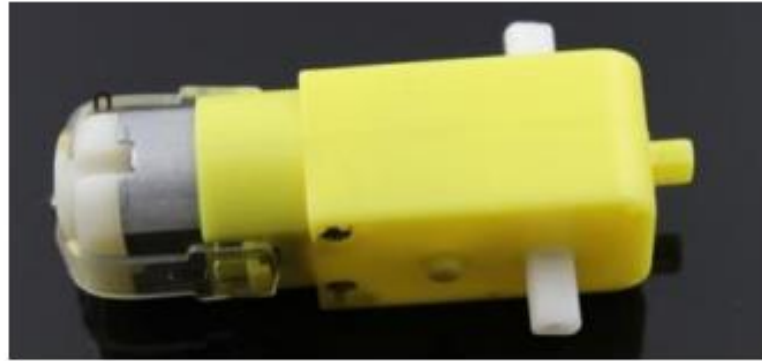


Рисунок 3.6 – Інтерфейс двигун-редуктора 1:48 DC 3V-6V [34]

Розглянемо технічні характеристики мотор-редуктора постійного струму 33GB-520:

- частота обертання на холостому ході: 170 об/хв;
- передавальне число: 1:48;
- робочий струм: 35 мА;
- робоча напруга: 3 В – 6 В [34].

Ми обрали драйвер для двигуна з інтегральною мікросхемою H-bridge L298N для керування двигуном. Цей двигун здатен обертатися, виконувати повороти та пересуватися вперед і назад. Вказаний драйвер двигуна L298N представлений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Інтерфейс драйвера двигуна L298N [35]

Розглянемо ключові технічні характеристики драйвера двигуна L298N:

- робоча температура:  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $+135\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- живлення драйвера:  $5\text{ В}$  –  $35\text{ В}$ ;
- кількість двигунів: 2;
- напруга живлення вбудованої логіки:  $5\text{ В}$ ;
- споживаний струм вбудованої логіки:  $0\text{ мА}$  –  $36\text{ мА}$ ;
- габарити:  $43,5\text{ мм}$  x  $43,2\text{ мм}$  x  $29,4\text{ мм}$ ;
- робочий струм драйверів:  $2\text{ А}$  [35].

Живлення наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій в енергетиці забезпечується трьома акумуляторами 18650 серії Li-Mh 3000 мАг з номінальною напругою  $3,7\text{ В}$  [36]. Загальний вигляд акумулятора продемонстровано на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Інтерфейс акумулятора 18650 серії Li-Mh [36]

Для підзарядки всієї системи застосовується плата BMS18650 Type C версії 3S для зарядки літій-іонних акумуляторів. Огляд плати BMS18650 представлено на рисунку 3.9.

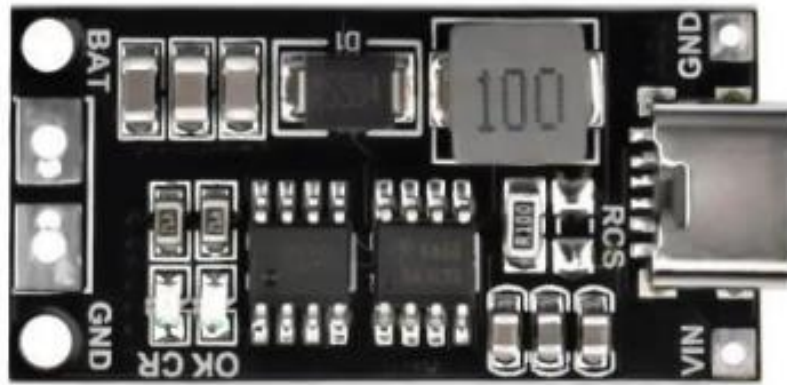


Рисунок 3.9 – Інтерфейс плати BMS18650 [37]

Розглянемо технічні параметри плати BMS18650 Type-C версії 3S:

- напруга живлення: 12,6 В;
- вхідний струм: 1 А;
- струм живлення: 0,37 А;
- вхідна напруга: 3 В – 6 В постійного струму [37].

Для забезпечення стабільного напруги в наземній робототехнічній платформі для вирішення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергії було вибрано лінійний стабілізатор напруги AMS1117 3,3 В 1 А. Приклад лінійного стабілізатора напруги продемонстровано на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Інтерфейс лінійного стабілізатора напруги AMS1117 3.3 В [38].

Технічні характеристики лінійного стабілізатора напруги AMS1117 3,3 В:

- має максимальний струм: 800 мА;
- вихідна напруга: 3,3 В;
- вхідна напруга: 4,5 В – 15 В [38].

Отже, у цій частині ми провели підбір апаратних модулів для системи управління наземної робототехнічної платформи, призначеної для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики. Також були відібрані оптимальні елементи для системи управління наземної робототехнічної платформи, а саме: камери, серводвигуни, одноплатні комп'ютери для контролю усієї системи, датчики відстані, модуль комп'ютерного зору, двигуни.

### 3.3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ

Наземна робототехнічна платформа для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики містить компоненти, наведені в попередньому підрозділі. У таблиці 3.4 наведено кількість кожного компонента платформи.

Таблиця 3.4 – Кількість кожного компонента платформи

Компонент	Кількість, шт.
Arduino UNO R3	1
ESP32-Cam	1
TowerPro SG90S	4
HC-SR04	4
Драйвер двигуна L298N	1
Двигун з редуктором 1:48 DC 3 В-6 В	2
Плата BMS18650 Type-C версії 3S	1
Акумулятор 18650 серії Li-Mh	3
AMS1117 3,3 В 1 А	1

Після того, як всі елементи були вибрані і їх кількість визначена, ми розробили електричну схему підключень для проекту наземної робототехнічної платформи. Ця схема відображає взаємозв'язок між усіма елементами й модулями та те, як вони з'єднані в єдину систему за допомогою проводів. На рисунку 3.11 представлено електричну схему підключення всіх компонентів однієї системи, створену з використанням програми draw.ioDiagrams.

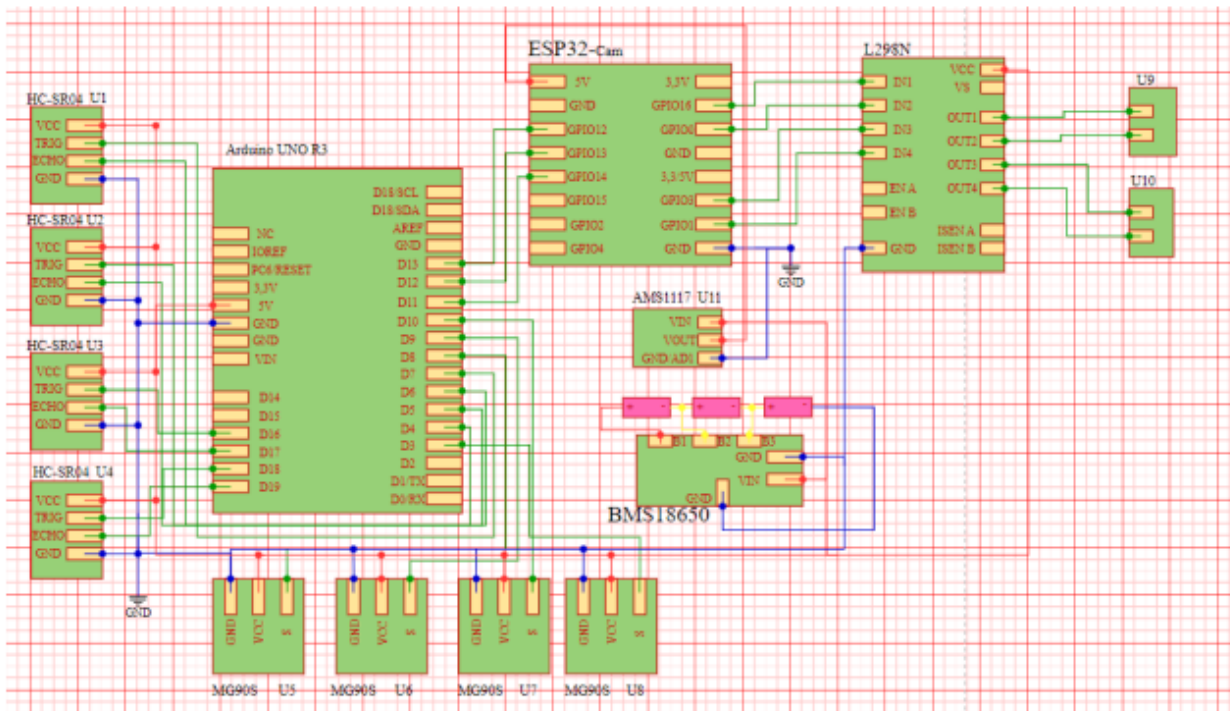


Рисунок 3.11 – Структурна схема підключення компонентів наземної роботехнічної платформи

Далі розглянемо та опишемо кожен елемент цієї структурної схеми.

U1-U4 – ультразвукові сенсори HC-SR04 з чотирма проводами:

- GND – земля;
- VCC – живлення 5 В;
- TRIG – провід для активації вимірювання відстані;
- ECHO – провід для прийому ехо-сигналу.

U5-U8 – серводвигуни TowerPro SG90S, що підключені до Arduino UNO R3 трьома проводами:

- GND, VCC та S – командні проводи для передачі даних.

U9-U10 – редукторні двигуни 1:48 DC 3V-6V з двома проводами для управління двома напрямками. Вони підключені до драйвера двигуна L298N, який сполучається з мікроконтролером ESP32-Cam через чотири дроти передачі даних з використанням інтерфейсу GPIO. Живлення подається через дроти VCC та GND.

Мікроконтролер ESP32-Cam підключений до Arduino UNO R3 за допомогою трьох ліній даних, які підключаються до цифрових входів

одноплатного комп'ютера використовуючи інтерфейс GPIO на ESP32-Cam. Лінія живлення 5 В сполучена зі стабілізатором напруги так само, як і провід GND.

Стабілізатор напруги U11 підключений до ESP32-Cam двома проводами, а один провід з'єднаний з платою BMS18650.

Такі елементи, як сенсори, серводвигуни, драйвер L298N та Arduino UNO R3 підключені до плати живлення BMS18650, яка забезпечує 12 В на виході.

### 3.4 РОЗРАХУНОК ЧАСУ РОБОТИ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

Оскільки наземна роботизована платформа, призначена для усунення надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики, живиться від акумуляторів, обчислення тривалості безвідмовної роботи роботизованої системи є ключовим етапом у її розвитку. Це допоможе з'ясувати, як довго платформа зможе функціонувати у віддалених районах без зупинок або до наступної підзарядки акумулятора.

Розрахунок часу роботи наземної робототехнічної платформи на акумуляторі базується на наступному рівнянні:

$$t = \frac{C_{\text{заг}} \cdot U}{P_{\text{пр}}}, \quad (3.1)$$

де  $C_{\text{заг}}$  – загальна ємність всіх батарей;

$U$  – напруга батареї;

$P_{\text{пр}}$  – споживча потужність пристрою.

Споживча потужність пристрою розраховується за формулою:

$$P_{\text{пр}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n, \quad (3.2)$$

де  $P_1 + P_2 + \dots + P_n$  – енергоспоживання окремих компонентів або модулів пристрою.

Деякі компоненти, такі як ESP32-Cam мають кілька режимів енергозбереження: «Deep-sleep», «Modem-sleep» та «Light-sleep» для мінімізації енергоспоживання під час бездіяльності. У камері мікроконтролер оснащений світлодіодним розгалужувачем, що також впливає на енергоспоживання компонента.

За законом Пюера розрахуємо споживчу потужність:

$$P = V \cdot I, \quad (3.3)$$

де  $V$  – робоча напруга;

$I$  – робочий струм.

Рівняння (3.3) було використано для визначення енергоспоживання кожного компонента. У таблиці 3.5 зведені всі дані, отримані для одного компонента, які помножені на кількість окремих елементів для розрахунку енергоспоживання всієї системи.

Таблиця 3.5 – Енергоспоживання кожного елемента

Компонент	Споживча потужність
Arduino UNO R3	4 Вт
ESP32-Cam	0,9 Вт
TowerPro SG90S	0,72 Вт
HC-SR04	0,075 Вт
Драйвер двигуна L298N	10 Вт
Двигун з редуктором 1:48 DC 3V-6V	2,1 Вт

Використовуючи рівняння (3.2), споживану потужність всього пристрою можна розрахувати наступним чином:

$$P_{np} = 4 + 0,9 + 0,72 \cdot 4 + 0,075 \cdot 4 + 10 + 2,1 \cdot 2 = 22,28 \text{ Вт.}$$

Платформа живиться від трьох літєвих акумуляторів серії 18650 Li-Mh ємністю 3000 мАг та номінальною напругою 3,7 В. Тоді:

$$C_{заг} = 9000 \text{ мА, а } U = 3,7 \text{ В.}$$

Час роботи наземної робототехнічної платформи на акумуляторах буде наступним:

$$t = \frac{9 \cdot 3,7}{22,28} = 1,5.$$

Таким чином, з такою кількістю акумуляторів наземна роботизована платформа для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики здатна функціонувати автономно протягом 1,5 години.

### 3.5 ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ

У цьому розділі ми створили структурну схему моделі наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій в енергетичній сфері. У вказаній схемі виділено такі елементи: модуль мінування, модуль комп'ютерного зору, модуль спостереження, модуль датчиків, модуль системи управління роботом Mobile, модуль системи управління роботом Losal, модуль моніторингу Contrul, модуль управління енергією Power Management Modul, модуль драйвера моторів Motor Control Driver, модуль Movers.

Спираючись на структурну схему, ми вибрали наступні апаратні компоненти:

- Arduino UNO R3, що відповідає за чотири ультразвукові датчики HC-SR04;
- чотири сервомотори Tower Pro SG 90 S, які керують маніпулятором.

Arduino UNO R3 збирає дані з датчиків і передає їх мікроконтролеру ESP32-Cam. Мікроконтролер ESP32-Cam, у свою чергу, має можливості бездротового зв'язку і оснащений камерою, яка транслює відео на веб-сторінку. Мікроконтролер з'єднаний дротовим шляхом з драйвером двигуна L298N, який управляє двома двигунами з редуктором 1:48 DC 3 В-6 В для переміщення гусеничного шасі по лісах, чагарниках, схилах, пошкоджених територіях тощо. ESP32-Cam підключена до стабілізатора напруги AMS1117 3,3 В 1 А. Уся наземна робототехнічна платформа живиться від плати BMS18650 Type-C версії 3S з трьома приєднаними акумуляторами 18650 серії Li-Mh.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Механізована алюмінієва платформа з колесами типу Mecanum 4WD для роботів. Доступно за адресою: <https://roboct2021.en.made-in-china.com>. [Електронний ресурс].
2. <https://bro.in.ua/> [Електронний ресурс]
3. <https://bostondynamics.com/products/spot/> [Електронний ресурс]
4. <https://clearpathrobotics.com/husky-a300-unmanned-ground-vehicle-robot/> [Електронний ресурс]
5. <https://www.anybotics.com/robotics/anymal/> [Електронний ресурс]
6. <https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/industrial-robots/kr-agilus> [Електронний ресурс]
7. <https://new.abb.com/products/robotics/robots/collaborative-robots/yumi/dual-arm> [Електронний ресурс]
8. <https://www.fanuc.eu/eu-en/product/robot/m-2000ia1200> [Електронний ресурс]
9. Постанова Кабінету Міністрів України №1099 від 15.07.1998 р.
10. Наукова публікація з архіву КПІ ім. Ігоря Сікорського [Інтернет-ресурс]. URL: <https://ela.kpi.ua> [Електронний ресурс]
11. Інтерактивна історія Манхеттенського проєкту, підготовлена Департаментом енергетики США [Інтернет-ресурс]. URL: <https://manhattanproject.energy.gov>. [Електронний ресурс]
12. Аналітичний огляд атомного бомбардування Хіросіми та Нагасакі (U.S. Strategic Bombing Survey) на Truman Library [Інтернет-ресурс]. URL: <https://www.trumanlibrary.gov>. [Електронний ресурс]
13. Young M. «Vietnam Wars 1945–1990». Harper Perennial, 1991.
14. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010 [Інтернет-ресурс].
15. Аналітична записка Національного інституту стратегічних досліджень «Забезпечення інституційних основ для управління надзвичайними ситуаціями».

16. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. «Основи цивільного захисту». Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2010. 417с.
17. Те саме джерело: Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. «Основи цивільного захисту». Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2010. 417 с.
18. Барило О.Г. «Проблемні питання інформаційного забезпечення цивільного захисту України». Журнал «Державне управління: удосконалення та розвиток», №8, 2017 [Інтернет-ресурс].
19. Nevliudov I., Yevsieiev V., Maksymova S. та ін. «Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller». Матеріали XVIII Міжнародної конференції MEMSTECH (2022). DOI: 10.1109/MEM-STECH55132.2022.10002906.
20. Коноваленко К. «Розробка структурної схеми мобільної маніпуляційної платформи для розмінування». Матеріали конференції «Automation and Development of Electronic Devices», ХНУРЕ, 2023. С. 95–99 [Інтернет-ресурс].
21. Yevsieiev V., Maksymova S., Starodubtsev N. «Розробка системи управління для роботизованого протеза та створення структурної схеми». Матеріали збірника наукових праць «ΛΟΓΟΣ», Цюрих, Швейцарія, 12 серпня 2022 р., С. 113–114.
22. Євсєєв В.В. «Проектування мобільних роботів на основі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi та мови Python 3.6)». Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Євсєєв В.В. Підручник. Харків, 2020. С. 257.
23. Yevsieiev V., Starodubtsev N. «Розробка алгоритму управління малогабаритним мобільним маніпуляційним роботом». Матеріали 2-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Diversity and Inclusion in Scientific Area», 2023, С. 648–651 [Інтернет-ресурс]
24. Модуль ESP32-CAM із камерою OV2640, WiFi та Bluetooth [Інтернет-ресурс]. Доступно за адресою: <https://www.robostore.com.ua>.

25. Модуль камери Arducam OV7670 (0,3 Мп) для Arduino [Інтернет-ресурс]. URL: <https://www.arducam.com>.
26. Камера Raspberry Pi Camera Module 3 [Інтернет-ресурс]. Доступно за адресою: <https://www.raspberrypi.com>.
27. Hegedűs É. «Геополітичні та гео економічні аспекти фінансування гуманітарного розмінування: випадок Анголи». *Insights into Regional Development*, 2022, 4(4), С. 166–183. DOI: 10.9770/IRD.2022.4.4(10). [Електронний ресурс]
28. Сервопривід SG90, максимальне навантаження 2 кг [Інтернет-ресурс]. URL: <https://arduino.ua>.
29. Сервопривід Tower Pro MG90S (14 г) [Інтернет-ресурс]. URL: <https://www.mini-tech.com.ua>.
30. Серводвигун моделі PZ-15320 [Інтернет-ресурс]. URL: <https://arduino.ua>.
31. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 [Інтернет-ресурс]. URL: <https://arduino.ua>.
32. Ультразвуковий датчик відстані US-100 [Інтернет-ресурс]. URL: <https://www.mini-tech.com.ua>.
33. Arduino UNO R3 (CH340) [Інтернет-ресурс]. URL: <https://arduino.ua>.
34. Мотор з редуктором (передаточне число 1:48) [Інтернет-ресурс]. URL: <https://arduino.ua>.
35. Драйвер для двох двигунів L298N [Інтернет-ресурс]. URL: <https://arduino.ua>.
36. Літієвий акумулятор LP Li-ion 18650 (36 В, 20.4 А·год) [Інтернет-ресурс]. URL: <https://logicpower.ua>.
37. Плати управління батареями (BMS) [Інтернет-ресурс]. URL: <https://liitokala.com.ua>.
38. Лінійний стабілізатор напруги AMS1117 (3.3 В, 1 А) [Інтернет-ресурс]. URL: <https://arduino.ua>.

## **ДОДАТКИ**

# **ДОДАТОК А**

Розділ 2 (англійська версія)

## 2. CHARACTERISTICS OF EMERGENCY SITUATIONS

### 2.1 DEFINITION OF EMERGENCY SITUATIONS AND THEIR CLASSIFICATION

The Ukrainian classifier of emergency situations and other official regulatory documents define an emergency situation as follows: an emergency situation (ES) is a disruption of the normal state of life and activity of people at an object or territory caused by an accident, catastrophe, natural disaster, epidemic, infectious disease, fire, use of means of mass destruction, which led to human or material losses, which caused or may cause such losses. [9]

Therefore, the causes of events that can lead to an emergency situation on the territory of Ukraine are diverse: man-made emergencies are transport accidents, fires, unplanned explosions or their threat, explosions with the release of chemical, radioactive or biological substances, accidents associated with the sudden destruction of buildings, accidents on engineering networks and life support facilities, hydrodynamic accidents on dams and dams.

Natural hazards are dangerous geological, meteorological and hydrological marine and freshwater phenomena, soil and subsoil degradation, natural fires, changes in wind conditions, epidemics among people and animals, significant crop damage due to diseases and pests, changes in the state of water bodies, the atmosphere and the biosphere, etc.

Emergency situations of a social and political nature, in any way related to illegal acts of a terrorist and corrupt nature: the commission or real threat of terrorist acts (military threat, seizure or detention of critically important facilities, nuclear installations and waste, communications and communication systems, attacks or attempted attacks on the crews of ships and vessels), seizure or attempted seizure of vessels or their destruction, taking hostages, planting explosive devices in public places, theft or seizure of weapons, as well as the discovery of obsolete ammunition, etc.

Military emergencies associated with the use of weapons of mass destruction or local means of destruction, which lead to secondary factors causing damage to the

population due to the destruction of nuclear, solar, wind or hydroelectric power plants, warehouses or storage facilities for radioactive or toxic materials or waste, fuels and lubricants, explosives, transport and communication facilities, etc. Military emergencies are not considered in the classification.

Emergency situations are divided according to the type (category) of the incident, as shown in the diagram. 2.1.

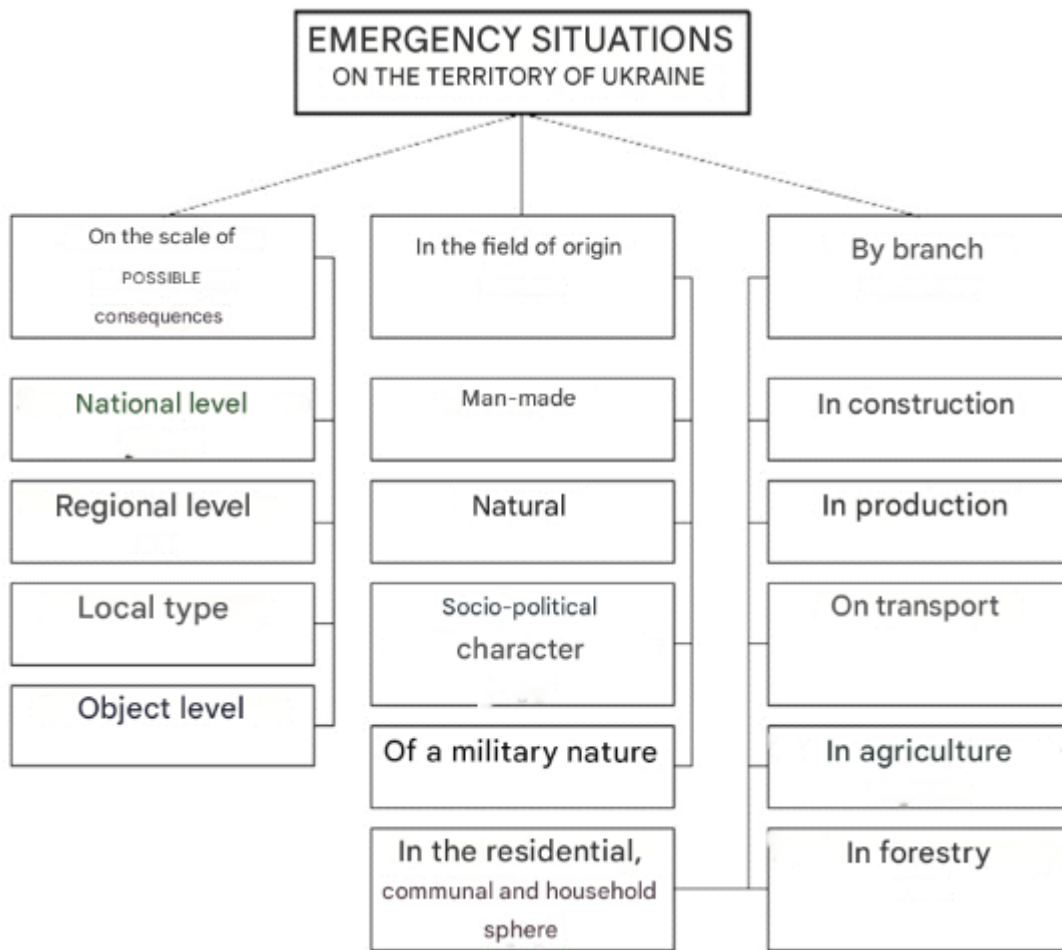


Figure 2.1. Classifier of emergencies in Ukraine

Military emergencies.

The main reason for the lack of a detailed description of military emergencies is that military operations can cause a variety of disasters - from the destruction of infrastructure and accidents at critical facilities to environmental disasters of a national scale.

Military emergencies as a result of hostilities in cities and settlements.

Cities and settlements have always attracted wars. As soon as they arose, they became the main targets of hostilities, and their capture became an extremely difficult task. Over time, weapons became more powerful, and the consequences of battles in cities became more and more catastrophic. In urban battles, all buildings are most often under the sights of all types of conventional weapons, since they are elements of defense. A vivid example of the mass destruction of residential buildings is the attack on the Chechen city of Grozny in 1994. High-rise residential buildings served as a defensive base and suffered significant damage. As a result of the attack, most of the residential buildings were destroyed, which led to numerous civilian casualties and the complete destruction of the city's vital facilities. Electricity and water supplies were cut off, hospitals and the fire service ceased to function. The city was reduced to ruins. Another example of the destruction of a city's infrastructure during the fighting is the Donetsk airport: after 242 days of fighting, hundreds of assault attempts and thousands of shellings, the airport buildings were completely destroyed.

However, in addition to the destruction of residential buildings, civilian casualties and the destruction of infrastructure, fighting in cities poses an even greater threat. In every large city, there is a significant number of various industrial enterprises, the damage to which can lead to a large-scale emergency. First of all, these are power plants, substations, motor transport companies and other branches of heavy and light industry. The consequences of a munition hitting a nuclear power plant would be similar to the consequences of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents in Japan.

The good news is that, unlike thermal power plants, nuclear power plants are usually located outside cities. Historically, thermal power plants were built in urban areas, and later in the suburbs. The main danger of thermal power plants is that they require large amounts of fuel to operate. Fuel is usually stored near the power plants, which can lead to the risk of large-scale fires that are difficult to extinguish even in normal times. A vivid example of this was the fire that broke out at the Kiev oil depot in 2015.

Such fires can easily spread to neighboring buildings. Industrial facilities also vary and include various chemical plants and warehouses where large amounts of flammable materials are stored. Fires at chemical plants are also difficult to control and can cause serious damage to the environment. In times of war, dealing with such emergencies is much more difficult than in peacetime.

Military emergencies not related to hostilities.

Military emergencies do not necessarily arise during hostilities. Often they are associated only with military or political circumstances and are not a consequence of active hostilities. Often, retreating troops do everything possible to delay the enemy's advance. The most significant hydropower disaster in Ukraine was the blowing up of the Dnieper hydroelectric power station dam by Soviet troops on August 18, 1941. Having lost the battle on the border, Soviet troops quickly retreated east to the Dnieper, and on August 18, information arrived that the Wehrmacht would soon capture the city of Zaporizhzhia, where the NKVD had blown up the dam of Ukraine's largest hydroelectric power station. According to a long-standing Soviet tradition, the local population was not evacuated or, at least, was not warned about the prepared explosion.

A 20-ton barrel of ammonia exploded, creating a huge hole 0.165 km wide. A wave from the Dnieper Reservoir burst through the crack, causing waves tens of meters high. The coastal zone of the Dnieper and the floodplain of Khortytsia Island were destroyed. The waves also reached the neighboring cities of Nikopol and Marganets, located downstream. According to various estimates, about 100,000 people died, most of whom were civilians from nearby towns and villages. The wave also washed away Soviet military units that had crossed to the left bank of the Dnieper at that time. The city's industrial enterprises were paralyzed. The occupation troops entered Zaporizhzhia only a month and a half later.

Iraqi forces carried out similar actions in Kuwait in the late 90s. After the success of the coalition forces, Hussein's troops were forced to leave Kuwait. Before leaving, they blew up a large number of oil wells, which led to the leakage of oil from surface tanks into the Persian Gulf. If the oil wells had not been extinguished, they could have

burned almost forever. The oil spilled into the sea, and the thick black smoke from the burning oil caused serious damage to the ecosystem of the region.

Military emergencies caused by the use of weapons of mass destruction.

Of course, the use of weapons of mass destruction leads to the greatest casualties and consequences in military emergencies. The most powerful weapon created by mankind was and remains nuclear weapons. Nuclear weapons can be delivered to the battlefield using missiles, aircraft, and artillery. The main aspect of nuclear weapons is massive human casualties, destruction or damage to infrastructure and other structures and equipment. The destructive effect of nuclear weapons depends on the power of the charge, the type of explosion (surface, underground, air, deep-sea or at high altitude) and the type of nuclear bomb. However, in all cases, people are negatively affected by various factors (damage factors), such as the shock wave, radiation, secondary damaging factors, as well as electromagnetic pulses spreading externally. These factors are followed by another factor - radioactive contamination, which affects both in the explosion zone and when moving the radioactive cloud.

A shock wave is an area of rapid compression of the environment, spreading in the form of a spherical ball in all directions from the point of detonation at hypersonic speed. This vibration occurs due to the enormous energy released in the decay zone, where the temperature is extremely high and the pressure reaches critical values. This shock wave can cause significant damage or even death to defenseless people or animals. A secondary damaging factor may be the impact of fragments of destroyed infrastructure or other objects flying at high speed.

Optical radiation consists of a combination of visible light and similar ultraviolet and infrared radiation in the spectrum. The source of optical radiation is the glow zone during an explosion, which is formed due to the heating of the warhead material, air and the earth's surface. The temperature of this zone lasts for a certain time to the temperature of the sun (7-11,000 degrees). Light radiation lasts on average for several seconds. The damaging effect of light radiation is manifested by significant light pulses. Direct exposure causes burns to adjacent parts of the body, temporary blindness and retinal burns. There is also a risk of secondary burns from the flames of burning

cars, buildings, vegetation and clothing. In addition, photon radiation can cause fires of varying intensity at facilities and in populated areas.

Penetrating radiation is one of the serious factors of atomic weapons and is characterized by gamma rays and neutrons emitted into the atmosphere from the explosion zone. In addition, alpha and beta particles are added to them, but their effect on people and objects is not considered due to their short life span. The duration of the action of penetrating radiation does not exceed a few seconds. The effect of penetrating radiation on living organisms is associated with the likelihood of developing radiation sickness.

An electromagnetic pulse is a magnetic field that results from the interaction of alpha rays with atoms and molecules in the environment, transmitting a pulse of energy. It does not harm living organisms, but can cause problems when high voltage and current occur in wires and cables of overhead lines, signaling and power supply systems, and radio antennas.

Radioactive contamination is the contamination of the area with products of nuclear fallout. This occurs as a result of the deposition of radioactive rain (materials) from nuclear fallout. The main sources of radioactivity are the fission products of materials that make up nuclear fuel, as well as induced radioactivity, that is, the effect of radiation on certain chemical elements (for example, sodium, silicon, cobalt, iron) contained in the soil. Radioactive contamination has several characteristics that distinguish it from other factors of damage from nuclear explosions. Namely: a large area of distribution (from thousands to tens of thousands of square kilometers), a long time of radiation effects (weeks and sometimes months) and the difficulty in identifying radioactive material (it has no external signs, such as color or smell).

After the successful attack on Iwo Jima in 1945, the US General Staff began developing plans for the invasion of the Japanese archipelago. Taking into account its experience of waging war with the Japanese and information about the readiness of the Japanese population for fanatical defense, the American command estimated that an attack on the key cities of the empire would cost about two million lives and take

several more years. To avoid a protracted war, the US decided to use the most advanced nuclear bomb at that time.

The first target was Hiroshima, on which an atomic bomb called "Little Boy" was dropped on 06.08.1945. At 8:15 a.m. local time, an explosion equivalent to about 15 kilotons of TNT occurred at an altitude of 580 meters above the ground. People closest to the hypocenter died instantly and their bodies turned to dust. Birds flying by were burned in the air, and dry materials (such as paper) caught fire up to 2 km from the epicenter. The rays of light etched black patterns on leather clothing and left silhouettes of human bodies on the walls. Those who were not in buildings experienced a blinding flash, followed by a suffocating wave of heat. The explosion almost instantly covered and knocked everyone near the epicenter off their feet. People in buildings were able to escape the light radiation from the explosion, but they could not escape the shock wave. One young man was thrown from the building across the street by the blast wave, and the building behind him collapsed. Within minutes, 95% of those within a one-kilometer radius of the epicenter were dead.

But the bomb itself was only the beginning. Several smaller fires that broke out simultaneously in the city eventually merged into one large firestorm, which, with strong winds (60 km/h), broke out of the epicenter of the fire. The firestorm covered more than 11 square kilometers of the city, and everyone who did not have time to escape within a few minutes after the explosion died. A few days later, doctors began to notice the first symptoms of radiation exposure in those who survived the explosion. Mortality from acute radiation sickness peaked three to four weeks after the explosions and began to decline after seven to eight weeks.

Another type of weapon of mass destruction, the use of which has serious consequences, is chemical weapons. The most famous example of the mass use of chemical weapons and their impact on the ecology of an entire country is Operation Rancho Hand, carried out by the American military during the Vietnam War. The goal of this operation was to destroy the vegetation of forests and thickets, which simplified the detection of guerrilla groups. Defoliant was sprayed to eliminate the vegetation. Operation Rancho Hand began in February 1962 and lasted until 1970. The chemicals

used were called pink, green, purple, blue and orange (the names come from the colors on the labels of the containers with chemicals). The most famous was Agent Orange, which turned out to be toxic to the human body. During the war, the US military used 72,000 cubic meters of the defoliant Agent Orange in South Vietnam to destroy forests, of which 44,000 cubic meters contained dioxin. Dioxin is a chemical that enters the human body through water and food, causing various liver and blood diseases, serious birth defects and pregnancy problems. In total, an estimated 4.8 million people were affected by the spraying of defoliants in Vietnam, of whom 3 million were direct victims. The environmental consequences of the massive use of chemicals are extremely serious. Mangrove forests (500,000 hectares) were almost completely destroyed, 62% of tropical forests (about 1 million hectares) and 35% of lowland forests (over 100,000 hectares) were affected, and since 1960, rubber plantation yields have decreased by 75%; the use of chemical fertilizers led to the destruction of more than 1.5 million hectares of mangrove forests; the use of chemical fertilizers led to the destruction of more than 1 million hectares of mangrove forests. From 40 to 100% of banana, rice, potato and tomato plantations, 70% of coconut plantations, 60% of rubber trees and 110,000 hectares of casuarina plantations were destroyed.

The use of chemicals has significantly changed the ecological balance. In the affected areas, 18 out of 150 species of birds remained, amphibians and insects have practically disappeared, the number of fish in rivers has decreased and its species composition has changed. The microbiological composition of the soil has been disturbed, and plants have been poisoned. The number of tree and shrub species in tropical forests has sharply decreased, and only a few species of thorny grasses unsuitable for livestock feed remain in the affected areas. Changes in the fauna of Vietnam led to the fact that one species of black rat, which carries plague in South and Southeast Asia, was replaced by another species. The species composition of ticks has changed - ticks that transmit dangerous diseases have begun to appear. Instead of safe endemic mosquitoes, there are mosquitoes that carry malaria.

So, the examples given demonstrate that the use of various types of weapons in military conflicts can have very serious consequences, including for the ecosystems of entire regions.

Since 2014, the Ukrainian state has found itself in a difficult situation. Both militarily and politically. Military aggression by the so-called Russia led to the occupation of part of the territory, which forced Ukraine to defend its borders and national unity by all possible means. The most significant stage of this conflict was the fighting in Donbas and Luhansk regions. This confrontation involved almost all types and types of so-called conventional weapons, resulting in enormous destruction and numerous casualties. Consequently, it led to the formation of situations that can be called "military emergencies."

Although the aggression of the so-called Russia and hostilities are emergencies in themselves, the National Committee for the Classification of Emergency Situations defines an emergency of a military nature as a situation associated with the consequences of the use of weapons of mass destruction or conventional means of destruction, which leads to the destruction of nuclear and hydroelectric power plants, warehouses and storage facilities of radioactive, toxic and waste materials, petroleum products, explosives, transport and engineering communications, which causes secondary factors of damage to all living things.

## 2.2. OVERVIEW OF EMERGENCY SITUATIONS

Monitoring is the observation of changes in time regarding the state of the object under the influence of environmental factors and human activity, the study of the data obtained and the formation of useful forecasts based on this analysis. The main goal of monitoring is the timely detection of malfunctions and negative trends, the prevention of accidents and emergencies, as well as the minimization of losses arising from disasters and wars.

This can be achieved by organizing continuous monitoring of objects subject to the risk of man-made and natural emergencies. To obtain clear and objective information about the monitored object, it is necessary to carry out comprehensive and combined monitoring based on the principles of a systems approach. The design, development and implementation of monitoring systems can fulfill this task. However, it is important to carefully consider all stages of collecting control data to ensure their accuracy and quality. One of the options for implementing an effective monitoring system is to collect and systematize information about emergencies that have occurred, as well as develop further measures based on this data.

Stages of tasks and functions performed by the emergency monitoring and forecasting system:

- collection and analysis of information about potential sources of danger (earthquakes, volcanic eruptions, tornadoes, forest fires, floods, atypical changes in nature, epidemics, explosions at industrial facilities, hazardous and toxic emissions, destruction of buildings, road accidents, terrorist acts, wars);
- scientific conclusions based on the information received and explanation of the patterns and causes of emergencies;
- formation of an information database on sources of threats for emergencies;
- identification of potential sources of emergencies and assessment of their probability. Forecasting the occurrence, nature, scale and scenarios of emergencies;
- creation of algorithms for actions in emergency situations;
- taking and coordinating measures (including emergency) to prevent and localize emergencies;

- notifying and evacuating the population;
- ensuring the safety of the civilian population;
- reducing the destructive consequences, minimizing and eliminating (both short-term and long-term) consequences and restoring normal human functioning;
- predicting the consequences and losses from the impact of threats on the environment, the vital activity of living organisms and possible material losses.

Let us analyze the international achievements of emergency monitoring. In Western countries, the awareness of the need to create organizational structures to support decision-making in emergencies of various origins has become recognized and implemented through specific procedures. In Germany, for example, in 2002 the General Information and Situation Center (Gemeinsames Melde- und Lagezentrum - GMLZ) was founded under the auspices of the Federal Office for Civil Protection and Emergency Assistance. The Joint Data Center (Gemeinsames Melde- und Lagezentrum - GMLZ) has the following powers:

- receiving urgent information, including for the media, in the event of a major emergency;
- collecting, regularly updating and providing federal ministries and local authorities with information on the general situation in the field of civil protection;
- analyzing the damage and possible consequences associated with the emergency;
- forecasting threats and possible consequences associated with the emergency;
- determining the amount of resources required.

In Switzerland, the structure of the executive branch responsible for implementing state policy in the field of civil protection (Federal Office for Civil Protection) operates the National Emergency Operations Center (NEC) - a federal center of expert assistance in resolving emergency situations. The center can operate both in the mode of 24-hour monitoring and in the mode of resource mobilization (with its own forces, with the involvement of resources from other departments and enterprises). The main tasks of the operational center include organizing a response to

emergencies related to radioactive substances, accidents at chemical plants, dam collapses and major natural disasters.

Thus, the tasks of this center include:

- constant operational analysis and comprehensive monitoring of current threats;
- forecasting positive development dynamics and identifying/eliminating threats;
- theoretical forecasting of crisis situations;
- coordination of actions of departmental bodies before and during a crisis situation;
- making the necessary decisions to prevent and overcome crisis situations and reduce their consequences.

Civil defense in the United States began to take shape in the 1950s, at the beginning of the Cold War. It was during this period that a bill was passed that later became the Civil Defense Act. According to this law, civil defense systems were tasked with protecting cities and industrial centers from massive air attacks by a possible Soviet enemy, and later from a nuclear attack. After the war began, a warning system, a network of shelters and evacuation centers, and an evacuation plan from dangerous areas were created. Later, the Federal Emergency Management Agency (FEMA, headquartered in Washington, D.C.) was founded. According to the mandate given to FEMA, the organization must meet the following criteria:

- ensuring the functioning of the country in the event of a nuclear conflict;
- developing evacuation plans for US citizens from potentially dangerous areas;
- implementation of measures in accordance with the construction plans of protective facilities;
- improvement and strengthening of the protection of communication and warning systems;
- ensuring the defense and high-quality work of federal and local authorities;
- creation and distribution of food in case of emergencies.

The organization of measures to protect the population and territories from emergencies in the UK is based on the experience of rescuing people, cultural values and material resources during bombings during the First and Second World Wars and

subsequent armed aggressions. The system is practically no different from similar ones in Germany and France. The main missions remain unchanged: planning, training, coordination of actions of state and local authorities during normal and emergency operations, in particular during rescue operations, communication and notification. Just like FEMA in the USA, the British system does not have its own units or resources, except for the radiation safety monitoring unit. The military-political leadership makes significant efforts to prepare the population for actions in the event of critical situations and to train qualified personnel in the field of prevention and elimination of negative consequences.

Thus, the organization and activities of civil defense in each country have common principles:

1. Despite the reduction in the threat of nuclear conflict and the growth of challenges associated with the prevention of man-made disasters and natural disasters, immediate response to outbreaks, rescue and other urgent measures, these systems continue to play an important role in ensuring national defense.

2. These systems are managed at the state level, either directly through the Ministry of Defense or the Ministry of Internal Affairs and Communications, or through special state structures.

3. Actions in emergency situations are organized by ministries and local authorities that have the necessary resources and modern equipment, in particular in the USA, Germany, France, Great Britain. Many countries, including the USA, Germany, France, Great Britain, Italy and Japan, organize and conduct the largest number of rescue and emergency operations, so they focus on preparing for actions in emergency situations. In addition, public organizations and volunteers are involved in the elimination of the consequences of accidents and natural disasters.

4. In many countries, modern systems of force and resource management, systems of training of management and personnel of emergency and rescue units and other organizations, as well as trained populations ready to respond to various types of emergencies have been created.

Thus, the study of the experience of other states shows that algorithms for protecting the population and territories from natural, man-made and military disasters can ensure the vital activity of the population and objects of the socio-economic and infrastructure sphere in the event of such emergencies.

#### Emergency monitoring in Ukraine.

Having considered and analyzed the available information on the emergency monitoring system and the civil protection system in Ukraine, we can affirmatively say that the situation in these administrative areas is unsatisfactory. This topic is also raised in the article "Problems of information support in the field of civil protection in Ukraine" in the electronic journal "Public administration: improvement and development". In particular, the updated National Security Strategy of Ukraine, approved by the Decree of the President of Ukraine No. 287/2015 of May 26, 2015 "On the Decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of May 6, 2015 "On the National Security Strategy of Ukraine", emphasizes that one of the current security threats is the unsatisfactory state of the Unified State System and Civil Defense Forces, as well as the environmental monitoring system, while other legislative and regulatory legal acts also require serious improvement. For example, the Civil Defense Code of Ukraine (CC Code) contains only general principles for implementing measures to prevent and notify of threats and emergencies. It also states that at present, monitoring and forecasting of emergencies in Ukraine is carried out at the level of regional, departmental and other autonomous systems, without being integrated into a single information and analytical complex.

The Law of Ukraine "On Civil Protection" provides for the creation and operation of a system for monitoring and forecasting emergencies, but de jure the state has not created a nationwide system for monitoring the sources of emergencies. Regional and functional subsystems of the Unified State System of Civil Protection do not properly ensure the daily collection, processing, transmission and analysis of information on the probability and occurrence of emergencies of a technogenic, natural, social and even military nature, as well as the development of preventive measures and proposals for their implementation. The Unified State System of Civil

Protection does not have an emergency regime, there are no comprehensive methods for collecting, processing, transmitting and analyzing information on the probability and occurrence of emergencies, and the technical support for performing such tasks is unsatisfactory. One of the current problems is the state of the system for informing and alerting the population in case of emergencies, which needs to be improved. It should be noted that the existing system for alerting and informing the population of Ukraine was developed back in Soviet times. The equipment used in this centralized warning system has reached the end of its service life, has become obsolete and has been discontinued. Repair kits have also exhausted their resource. Due to long service lives, the number of technical failures is increasing. The warning network using wired radio broadcasting has been practically destroyed. The number of wired radio stations is decreasing every year. Operators of television companies, radio companies, Internet providers and mobile communication companies are not involved in the warning system.

In their conclusions, the authors of the article note that the civil defense structure of Ukraine and its regulatory and legal framework reflect information support only partially and unsystematically, do not provide for the creation of a system of information and analytical support for this structure and do not meet modern requirements.

The material and technical base of the information and notification system is insufficient and needs to be updated in accordance with the latest technological standards to ensure:

- timely (within 3-5 minutes) notification of threats and emergencies.
- automated early detection and notification systems for emergencies should be integrated into a centralized regional notification system.
- reliable and up-to-date information to state structures, civil defense units, services and crews of special equipment involved in the elimination of the consequences of emergencies, within the time limits specified by regulatory legal acts.

It is expected that these measures will ensure the fulfillment of the main function of civil defense - the protection of the life and health of citizens of Ukraine.

## **ДОДАТОК Б**

Модель наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики (стаття)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції  
**«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:**  
**ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»**  
20 грудня 2024 року



**Полтава 2024**

**УДК 004.89 + 681.51**

Збірник наукових праць за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика», 20 грудня, 2024 р. / Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Редколегія: О.В. Шефер (головний редактор) та ін. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024. – 124 с.

У збірнику представлені результати наукових досліджень та розробок в області сучасних електромеханічних систем та автоматизації, електричних машини і апаратів, моделювання та методів оптимізації, енергозбереження в електромеханічних системах, управління складними технічними системами, проблем аварійності та діагностики в електромеханічних системах та електричних машинах, інформаційно-комунікаційних технологіях та засобах управління. Призначений для наукових й інженерно-технічних працівників, аспірантів і магістрів.

Матеріали відтворено з авторських оригіналів та рекомендовано до друку IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика». Редакція не обов'язково поділяє думку автора і не відповідає за фактичні помилки, яких він припустився.

Відповідальний за випуск - д.т.н., професор О.В. Шефер.

**Редакційна колегія:**

О.В. Шефер – головний редактор, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

Н.В. Єрмілова – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

С.Г. Кислиця – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Б.Р. Боряк – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

<b>О.Г. Дрючко, Н.В. Бунякіна, І.А. Штанько, М.Ю. Першін, М.В. Качан</b> З'ЯСУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСНОЇ ПІДГОТОВКИ ГАЗУ.....	83
<b>Е. V. Kyslytsia, O. B. Petryaeva</b> MANAGEMENT SKILLS OF A HEALTHCARE FACILITY MANAGER IN THE CONTEXT OF TREATING PATIENTS WITH COMBAT INJURIES.....	85
<b>С.Г. Кислиця, А.С. Боровик</b> НАДІЙНІСТЬ ДУБЛЬОВАНОЇ МЕРЕЖІ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО УПРАВЛІННЯ.....	87
<b>А.М. Федоренко</b> МОДЕЛЬ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УСУНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ.....	89
<b>С.С. Голубцов</b> ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА СИСТЕМИ КІБЕРБЕЗПЕКИ В ІТС ПОЛЬОВИХ ВУЗЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ПУ РІЗНИХ ЛАНОК УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ.....	90
<b>С.В. Волоський, М.А. Штомпель</b> АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПАСИВНИХ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ТРИВАЛИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	92
<b>П.В. Соловійов, Л.О. Токар</b> ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ АДАПТИВНОЇ БАЗОВОЇ КЛАСТЕРІЗАЦІЇ У МЕРЕЖІ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ VANET.....	94
<b>О. Sokolov</b> INTELLIGENT ROUTING IN AD HOC NETWORKS USING NEURAL NETWORKS.....	97
<b>Л.І. Лєві, М.О. Шеремет</b> ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ КОМПРЕСОРИВ.....	100
<b>С.Г. Кислиця, А.О. Ткаченко</b> РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СКРУЧУВАННЯ.....	102
<b>О.В. Шефер, О.С. Ястреба, О.С. Педченко</b> АНАЛІЗ ЧИННИКІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ У ВНУТРІШНЬОМУ ПРОСТОРІ БПЛА.....	104

УДК 621.9

*А.М. Федоренко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### **МОДЕЛЬ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УСУНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ**

Сьогодні спостерігається шалений розвиток електроніки, тому необхідність моделювання наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики зростає. З іншого боку створюються нові рішення у сфері енергетики, які потрібно монтувати, демонтувати, обслуговувати. Використання маніпуляторів дозволяє прискорити цей процес. Для реалізації завдань було створено план робіт моделювання наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики, який тривав з 1 жовтня по 6 грудня.

Для розробки моделі наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики за основу було обрано конструкцію розмірами 190 мм x 300 мм. Конструкція обладнана акумулятором 6S2P 8000 mAh Li-Ion. Силова частина складається з двигунів ZENG WHCD 42GP – 775. Дистанційне керування здійснювалось за допомогою Radiomaster TX16S. Для віддаленого керування використовувались окуляри віртуальної реальності Skyzone з зовнішнім літій-іонним акумулятором 4S2P. Передача відео

89

здійснювалась за допомогою FPV RACING RUSH. У якості контролера використано Arduino UNO. Для керування двигунами розглядалось кілька драйверів CNC SHIELD та L298N та електромагнітне реле ZMPT101B, що можуть керувати двигунами Usongshine Stepping Motor Model: 17HS4401.

Реалізація моделі наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики потребує розробки цифрового двійника. Поглиблене дослідження цифрового двійника заплановано на жовтень – листопад 2024 року.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Radiomaster Boxer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.radiomasterrc.com/products/boxer-radio-controller-m2>.

2. Usongshine Stepping Motor Model: 17HS4401 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.baolai-cn.com/en/?gad\\_source=1&gclid=EAIaIQobChMIItMfowZPZiQMVjadoCR2cjyn6EAAYASAAEgl8j\\_D\\_BwE](http://www.baolai-cn.com/en/?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIItMfowZPZiQMVjadoCR2cjyn6EAAYASAAEgl8j_D_BwE).

#### **A MODEL OF A GROUND ROBOTIC PLATFORM FOR EMERGENCY RESPONSE IN THE POWER INDUSTRY**

*A. Fedorenko, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

# **ДОДАТОК В**

Презентаційний матеріал

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ  
ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

# **Модель наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики**

Виконала:

Студентка 2мМЕ групи

Керівник:

к.т.н.

Федоренко А.М.

Лактіонов О.І.

### **Актуальність**

Сьогодні спостерігається шалений розвиток електроніки, тому необхідність моделювання наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики зростає. З іншого боку створюються нові рішення у сфері енергетики, які потрібно монтувати, демонтувати, обслуговувати. Використання наземних робототехнічних платформ дозволяє прискорити цей процес. Актуальність теми обґрунтована зростанням використання моделей наземних робототехнічних платформ для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики.

### **Мета роботи**

Розробка моделі наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики, що може бути використана для вирішення різних задач.

### **Завдання роботи**

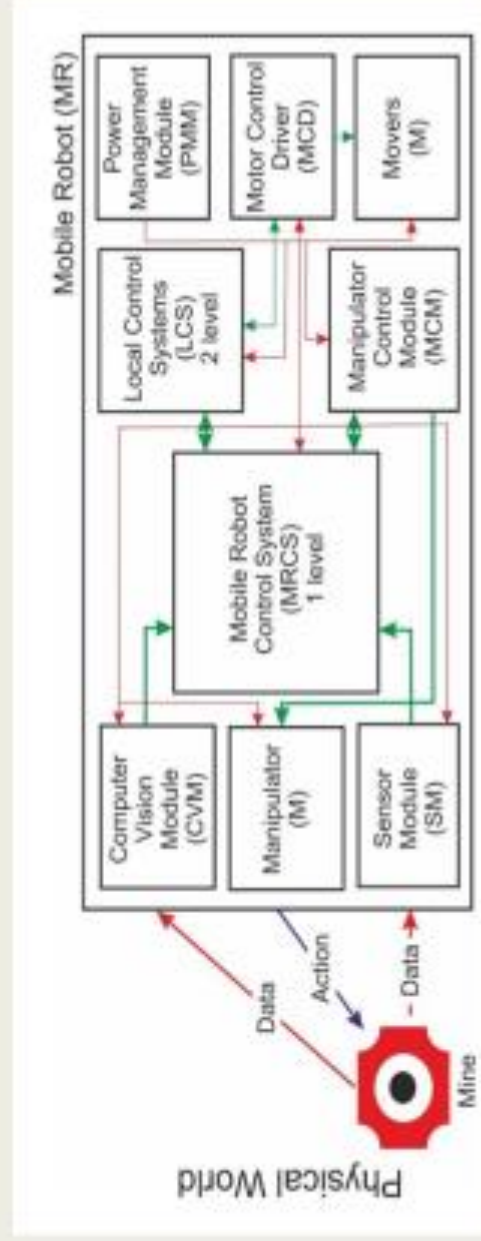
- аналіз існуючих моделей наземних робототехнічних платформ;
- перспективи розвитку автоматизації з використанням моделей наземних робототехнічних платформ для ліквідації надзвичайних ситуацій у сфері електроенергетики;
- розробка моделі наземної робототехнічної платформи для ліквідації надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики;
- розрахунок часу роботи робототехнічної платформи.

**Об'єкт дослідження** - наземна робототехнічна платформа.

## При створенні наземної робототехнічної платформи для реагування на надзвичайні ситуації у галузі електроенергетики слід врахувати такі основні аспекти:

- врахування гнучкої динаміки та модульних конструкцій;
- розробка автономної або напівавтономної навігації для роботи в динамічних, нетипових умовах;
- інтеграція різних сенсорів, як однорідних, так і гетерогенних, з метою формування єдиного масиву даних;
- на основі отриманих даних реалізація прийняття рішень та застосування штучного інтелекту;
- співпраця між різними роботами, координація та планування;
- передача інформації за допомогою бездротових технологій;
- впровадження штучної реальності та технологій реального часу для планування та логістики;
- розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу;
- використання структур управління на основі мобільності.

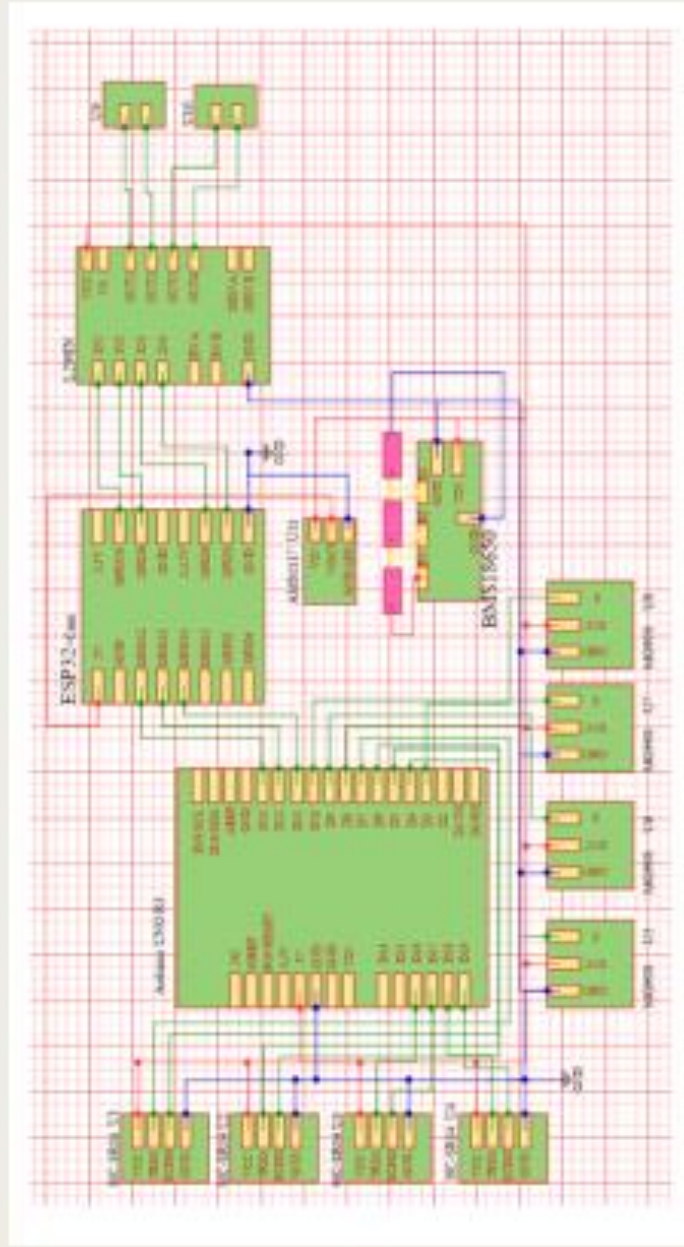
**Структурна схема наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики**



## Наземна робототехнічна платформа для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики містить наступні компоненти:

Компонент	Кількість, шт.
Плата Arduino UNO R3 (одноплатиний комп'ютер)	1
Камера ESP32-Cam	1
Серводвигун TowerPro SG90S	4
Ультразвуковий датчик HC-SR04	4
Драйвер двигуна L298N	1
Двигун з редуктором 1:48 DC 3 В-6 В	2
Плата BMS18650 Туре-С версії 3S	1
Акумулятор 18650 серії Li-Mh	3
Лінійний стабілізатор напруги AMS1117 3,3 В 1 А	1

# Структурна схема підключення компонентів наземної роботехнічної платформи



# РОЗРАХУНОК ЧАСУ РОБОТИ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

- Таблиця енергоспоживання кожного компонента
- Розрахунок часу роботи наземної робототехнічної платформи на акумуляторі базується на наступному рівнянні:

$$t = \frac{C_{ак} \cdot U}{P_{пр}}$$

$$t = \frac{9 \cdot 3,7}{22,28} = 1,5.$$

Компонент	Споживча потужність
Arduino UNO R3	4 Вт
ESP32-Cam	0,9 Вт
TowerPro SG90S	0,72 Вт
HC-SR04	0,075 Вт
Драйвер двигуна L298N	10 Вт
Двигун з редуктором 1:48 DC 3V-6V	2,1 Вт

## **Загальні висновки:**

- Розглянуто та проаналізовано основні категорії моделей наземних роботизованих платформ, включаючи колісні роботи, роботи з гусеничним шасі, роботи на повітряних подушках, крокуючі роботи та робототехнічні платформи.
- Проаналізовано сучасний стан та перспективи розвитку наземних робототехнічних платформ.
- Представлено огляд різноманітних наземних робототехнічних платформ і програмного забезпечення для глибшого розуміння їхніх можливостей і потенціалу у вирішенні завдань руху, навігації та взаємодії.
- Виконано огляд надзвичайних ситуацій, подано їх визначення та класифікація.
- Розроблено загальну структурну схему наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики.
- Було підібрано апаратні модулі для системи управління наземної робототехнічної платформи.
- Розроблено електричну схему підключення компонентів наземної робототехнічної платформи.
- Зроблено розрахунок часу роботи наземної робототехнічної платформи.