

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет

імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра комп'ютерної інженерії

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри,
д-р техн. наук, проф.

_____ І. М. Журавська

« __ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ
ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА БАЗІ ЧОТИРИНОГОГО
МОБІЛЬНОГО РОБОТА**

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

123 – КБР.01 – 405.22010509

Студент

_____ Д. С. Жуковський

підпис

« __ » _____ 20 р.

Керівник ст. викладач

_____ В. В. Старченко

підпис

« __ » _____ 20 р.

Миколаїв – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____ І. М. Журавська

« __ » _____ 20. р.

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи

Видано студенту групи 405 факультету комп'ютерних наук

_____ Жуковський Дмитро Сергійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота

Затверджена наказом по ЧНУ ім. Петра Могили від 30.01.2024 № 17.

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи « __ » _____ 20 р.

3. Очікуваний результат роботи та початкові дані, якщо такі потрібні

Розроблений прототип апаратно-програмного комплексу для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота , розроблене програмне забезпечення до нього.

4. Перелік питань, що підлягають розробці

Огляд існуючих прототипів: Провести дослідження наявних прототипів робіт для гасіння пожеж. Узагальнення досвіду використання: Виділити переваги та недоліки кожного прототипу на основі реальних випробувань та експлуатації. Сформулювати конкретні вимоги до апаратно-програмного забезпечення нового робота, які враховують виявлені проблеми та вимоги потенційних користувачів. Визначити основні характеристики та функціональні можливості нового робота

5. Перелік графічних матеріалів

3-D модель робота з полігонами

3-D модель робота

Схема електромотора

Схема робота

Діаграма фаз руху

Діаграма випробування фаз руху

Фото зібраної системи з платою ESP та датчиком температури

Зображення компонентів

6. Завдання до спеціальної частини

Розробка правил з техніки безпеки під час використання робота

7. Консультанти:

| Консультант | Кафедра (організація) | Частина роботи |
|----------------|---|------------------------------------|
| Макарова О. В. | Кафедра екології Медичного інституту ЧНУ ім. Петра Могили | Спеціальна частина з охорони праці |
| | | |
| | | |

Керівник роботи

ст. викладач В'ячеслав Володимирович Старченко
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Завдання прийнято до виконання

Жуковський Дмитро Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

(підпис)

Дата видачі завдання « ___ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання кваліфікаційної роботи

Тема: Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота

| № | Найменування роботи | Початок | Закінчення | Примітки |
|----|---|------------|------------|----------|
| 1 | Розробка та затвердження завдання на виконання КР | 14.01.2024 | 16.01.2024 | Виконав |
| 2 | Огляд літератури за темою роботи | 15.02.2024 | 21.02.2024 | Виконав |
| 3 | Складання календарного плану БКР | 25.02.2024 | 05.03.2024 | Виконав |
| 4 | Аналіз предметної області | 06.03.2024 | 15.03.2024 | Виконав |
| 5 | Розробка проєктних рішень | 27.03.2024 | 17.04.2024 | Виконав |
| 6 | Моделювання та конструювання АПЗ | 24.04.2024 | 01.05.2024 | Виконав |
| 7 | Перевірка працездатності, тестування та апробація розробленого АПЗ, аналіз результатів тестування | 06.05.2024 | 21.05.2024 | Виконав |
| 8 | Відгук керівника КР | 03.06.2024 | 18.06.2024 | Виконав |
| 9 | Оформлення БКР та презентації | 23.05.2024 | 28.06.2024 | Виконав |
| 10 | Попередній захист | 28.05.2024 | 05.06.2024 | Виконав |
| 11 | Рецензування | 10.06.2024 | 14.06.2024 | Виконав |
| 12 | Завершення оформлення КР та презентації | 15.06.2024 | 20.06.2024 | Виконав |
| 13 | Захист бакалаврської кваліфікаційної роботи | .06.2024 | .06.2024 | |

Розробив здобувач ВО Жуковський Дмитро Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)
«__» _____ 20 р.

Керівник роботи ст. викладач В'ячеслав Володимирович Старченко
(посада, прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)
«__» _____ 20 р.

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної бакалаврської роботи
«Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж
на базі чотириноного мобільного робота»

Студент 405 гр.: Жуковський Дмитро Сергійович

Керівник: ст. викладач В'ячеслав Володимирович Старченко

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі проводиться розробка автономного робота, призначеного для гасіння пожеж. Робот базується на четверо ногій платформі та оснащений різноманітними сенсорами для виявлення джерел вогню.

Для цього проведено огляд існуючих прототипів для гасіння пожеж, після цього проведено аналіз переваг та мінусів цих роботів. Виходячи з існуючих прикладів, було складено вимоги до апаратно-програмного забезпечення.

Далі було показано добірка необхідних компонентів розробки робота, опис кожного їх чому саме він необхідний. Розроблено 3D-модель робота, у кількох видах, та кінематична схема, яка детально демонструє структуру роботи робота. Було продемонстровано роботу частини програмного забезпечення, функцію включення пожежного режиму за допомогою датчиків температури. Наведено докладний список з характеристиками до кожного основного компонента.

Структура дослідження: робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків.

Пояснювальна записка містить 60 сторінок, 29 рисунків, 10 таблиць, 21 джерело посилання, 1 додатка.

Ключові слова: *робот, гасіння, автономний, пожежник, компоненти.*

ABSTRACT

of the Bachelor's Thesis

"Hardware and software kit for extinguishing fires
on the basis of a four-legged mobile robot"

Student: Zhukovsky Dmytro

Supervisor: senior teacher Starchenko Vyacheslav

In this bachelor's thesis, an autonomous robot is being developed for firefighting. The robot is based on a four-legged platform and is equipped with various sensors to detect fire sources.

To this end, a review of existing firefighting prototypes was conducted, followed by an analysis of the advantages and disadvantages of these robots. Based on the existing examples, hardware and software requirements were compiled.

Next, a selection of the necessary components for robot development was shown, with a description of each component and why it is needed. A 3-D model of the robot was developed, in several forms, and a kinematic diagram demonstrating in detail the structure of the robot. The operation of a part of the software, the function of switching on the fire mode using temperature sensors, was demonstrated. A detailed list with characteristics for each main component is provided.

The structure of the study: the paper consists of an introduction, three chapters, general conclusions, a list of references, and appendices.

The explanatory note contains 60 pages, 29 figures, 10 tables, 21 references, and 1 appendix.

Keywords: robot, extinguishing, autonomous, firefighter, components.

Translated with DeepL.com (free version)

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ..... | 3 |
| ВСТУП | 4 |
| 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАСІННІ ПОЖЕЖ... 7 | |
| 1.1 Огляд існуючих прототипів роботів для гасіння пожеж..... | 7 |
| 1.2 Оцінка переваг та недоліків існуючих прототипів | 13 |
| 1.3 Формування вимог до апаратно-програмного забезпечення Обґрунтування необхідності та важливості розробки нового робота..... | 15 |
| Висновки до розділу 1 | 19 |
| 2 КОНСТРУЦІЯ РОБОТА..... | 21 |
| 2.1 Основні модулі та компоненти робота | 21 |
| 2.2 Дистанційне керування роботом | 28 |
| 2.3 3D-модель робота | 31 |
| 2.4 Кінематична схема робота..... | 33 |
| Висновки ро розділу 2 | 37 |
| 3 АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВАРТІСТЬ КОМПОНЕНТІВ | 38 |
| 3.1 Демонстрація роботи датчика температури на базі ESP..... | 38 |
| 3.2 Технічні характеристики та вартість основних компонентів | 43 |
| 3.3 Реалізоване апаратне забезпечення | 51 |
| ВИСНОВКИ..... | 57 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 59 |
| ДОДАТОК А Довідка про перевірку на унікальність пояснювальної записки | 62 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

| | |
|-------|---------------------------------|
| АПК | – апаратно-програмний комплекс |
| ГР | – гуманоїдний робот |
| ЗБП | – засіб боротьби з пожежами |
| ПК | – персональний комп'ютер |
| | |
| ДН | – Методика Даневіта-Хаттенберга |
| Li-Fi | – Light Fidelity |
| TVL | – Роздільна здатність |
| Wi-Fi | – Wireless Fidelity |

ВСТУП

Пожежі становлять серйозну загрозу для життя та майна, що вимагає негайного та ефективного реагування. Забезпечення безпеки та ефективності процесу гасіння пожеж стає ключовим завданням у сучасному світі. Завдяки стрімкому розвитку технологій в останні десятиліття, є можливість впроваджувати передові рішення, що значно полегшують та підвищують результативність пожежного гасіння.

Розвиток технологій у сучасному світі відкриває нові горизонти у вирішенні складних завдань, зокрема у сфері пожежної безпеки. Використання роботів у гасінні пожеж значно полегшує та прискоряє процес ліквідації надзвичайних ситуацій, зменшує ризики для людей та пожежних бригад, а також знижує матеріальні збитки внаслідок пожеж. Державі та приватним компаніям важливо розвивати цю тему з двох основних причин. По-перше, це забезпечує вдосконалення системи пожежного захисту та підвищує загальний рівень безпеки населення та об'єктів.

По-друге, це призводить до впровадження ефективних та інноваційних рішень на ринку, що сприяє конкурентному розвитку. Незважаючи на потенційні переваги, використання роботів у гасінні пожеж також пов'язане з певними ризиками та мінусами.

Серед них можна відзначити технічні недоліки та обмеження роботів, можливість виникнення випадкових ситуацій через непередбачені обставини, а також високі витрати на розробку, придбання та обслуговування подібних систем. Таким чином, проведення дослідження з даної теми має на меті з'ясувати всі аспекти використання роботів у гасінні пожеж, від переваг до ризиків, що допоможе прийняти обґрунтовані рішення щодо подальшого впровадження цих технологій в практику.

У цьому контексті велике значення набуває розробка різних роботів, щоб мінімізувати ризик серед людей, щоб роботи могли виконувати ту роботу, яка для людини неможлива, у цій роботі розглянуто варіант побудови та

Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота використання апаратно-програмного комплексу для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота. Подібні технологічні ініціативи стають переломним моментом у сфері пожежної безпеки, надаючи можливість швидкого та ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

Мета кваліфікаційної бакалаврської роботи полягає у ретельному аналізі можливостей використання роботів у гасінні пожеж, а також у вивченні та оцінці досвіду їх вже існуючого використання в інших країнах і в Україні. За результатами проведеного аналізу передбачається розробка кінематичної схеми, створення тривимірної моделі та написання програмного коду для керування чотириногим мобільним роботом.

Предмет дослідження – апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота.

Об'єкт дослідження – методи підвищення безпеки персоналу та ефективності гасіння складних пожеж.

Цей дипломний проєкт присвячений розгляду та дослідженню можливостей використання передових технологій у пожежній діяльності з метою підвищення рівня безпеки та ефективності гасіння пожеж.

Для досягнення поставленої мети вирішуємо **завдання**:

- детальний огляд сучасного стану пожежної безпеки, визначення проблемних аспектів та обґрунтування необхідності впровадження передових технологій;
- аналіз можливостей використання роботів у пожежній діяльності, вивчення їхнього потенціалу та переваг у порівнянні з традиційними методами гасіння пожеж;
- огляд досвіду використання роботів у гасінні пожеж в різних країнах світу та в Україні, аналіз результатів та висвітлення найбільш ефективних практик;

- аналіз отриманих даних для визначення переваг та недоліків застосування роботів у гасінні пожеж, оцінка їх впливу на процес пожежної діяльності;
- розробка робота, його тривимірної моделі та кінематичної схеми, аналіз його рухливості та можливостей. Розробка різних фаз руху. Демонстрація конкретних систем.

Практичне значення отриманих результатів – підвищення ефективності гасіння пожеж, шляхом розробки робота та програми для нього. розуміння можливостей та обмежень використання роботів у гасінні пожеж дозволяє покращує методи та технології пожежної діяльності, що призводить до зменшення часу реакції на пожежні події та зниження ризику поширення вогню.

Зменшення матеріальних збитків – швидка реакція та ефективно гасіння пожеж за допомогою роботів допоможе зменшити матеріальні збитки, які пов'язані з пожежами, та зберегти майнові цінності.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАСІННІ ПОЖЕЖ

1.1 Огляд існуючих прототипів роботів для гасіння пожеж

Вивчення застосування автоматизованих систем у пожежній діяльності зростає, оскільки рятувальники часто опиняються у небезпечних ситуаціях для порятунку життів. Існує безліч роботизованих систем, які розробляються для підтримки пожежників у зв'язку з широким діапазоном пожеж, включаючи пожежі будівель, транспортних засобів, літаків, кораблів і дикої природи. На додаток до широкого діапазону сценаріїв пожежі, функціональні можливості роботизованої системи можуть змінюватися, щоб допомагати пожежникам виконувати такі завдання, як оцінка пожежі, ідентифікація людей, які опинилися в пастці, локалізація пожежі, моніторинг умов, контроль поширення пожежі та гасіння.



Рисунок 1.1 – Гуманоїдний робот THOR

У наш час вже існує безліч прототипів різної якості та рівня, спрямованих на гасіння пожеж. Перелік прототипів охоплює широкий спектр відомих систем, таких як Marigus Boston Dynamics' Spot, Hyundai Lifecare Robot, а також менш відомих, але інноваційних прототипів, розроблених

науковими лабораторіями та стартапами по всьому світу, наприклад гуманоїдний робот THOR (рис.1.1), розроблений у Virginia Tech, розроблений для гасіння пожеж.

Прототипи розглядаються з точки зору їхніх технічних можливостей, характеристик, а також попередніх результатів їхнього використання у реальних умовах.

1.1.1 Перелік наявних на ринку прототипів

У багатьох країнах світу вже наявна практика використання роботів як підтримки для пожежних бригад. Це свідчить про те, що розробники та інженери активно працюють над створенням та вдосконаленням подібних систем. Нині на ринку присутні різноманітні моделі роботів, які можуть виконувати різні завдання у складних умовах пожежної боротьби. Це відкриває широкі можливості для покращення ефективності та безпеки під час ліквідації пожеж.

Робот, який уже використовують у нашій країні, це – німецький робот Marigus Wolf R1 (рис.1.2). Робот може подавати до двох тисяч літрів води за хвилину. Робот може ефективно розпилувати воду з надзвичайною продуктивністю, досягаючи вражаючої швидкості до двох тисяч літрів за хвилину, робот може подавати воду на значну відстань – до 65 метрів. Його управління максимально зручне та точне: за допомогою пульта можна регулювати рухи гусениць та напрямок струменя води, тоді як другий джойстик дозволяє контролювати рухи та висоту робота лафетного ствола. Це означає, що робот може оптимально адаптуватися до будь-яких умов пожежі, забезпечуючи надійне та швидке гасіння. Гусенична система робота ретельно розроблена для забезпечення максимальної прохідності, що дозволяє йому легко подолати навіть найскладніші перешкоди, такі як невеликі рови чи нерівності місцевості.



Рисунок 1.2 – Marigus Wolf R1

Такою технікою уже користуються пожежники Київщини, Рівненщини та Львівщині. Вартість такого тактичного робота –десять мільйонів гривень.

Компанія Howe and Howe Technologies вивела на ринок новий інноваційний засіб боротьби з пожежами – Thermite RS1-T2. Цей робот здатний надати надійний та безпечний захист в умовах надзвичайних ситуацій. Thermite RS1-T2 заснований на передовій технології, розроблений для використання в армії США, що робить його надійним помічником у гасінні пожеж та виконанні завдань рятувальної служби. Цей модульний робот призначений для застосування у найнебезпечніших умовах, таких як авіаційні пожежі, хімічні заводи та інші об'єкти з підвищеним ризиком. Thermite RS1-T2 забезпечений потужним двигуном та вражаючими характеристиками, що дозволяють йому ефективно працювати в будь-яких умовах. Компактні розміри робота дозволяють легко маневрувати в обмежених просторах, а його високоякісні матеріали забезпечують надійність та довговічність у роботі.



Рисунок 1.3 – Thermite RS1-T2

Thermite RS1-T2 – це ідеальне рішення для пожежників та рятувальників, які виконують важливу роботу зі збереження життів та майна в небезпечних ситуаціях.

DRB Fatec, відома корейська робототехнічна компанія, займається постачанням та інтеграцією систем роботів для провідних автовиробників, таких як Hyundai, KIA, Samsung, SsangYong Motor та інші. Крім того, вони активно залучені до численних досліджень та розробок у сфері робототехніки.

Результатом їхніх досліджень і розробок стали два інноваційних робота-пожежника: ArchiBot-M та ArchiBot-S. Обидва роботи можуть ефективно працювати в умовах пожежі, мають водонепроникний корпус та систему охолодження для роботи при високих температурах.

Хоча ArchiBot-M значно великий та потужний за ArchiBot-S, їх обидва здатні виконувати завдання дослідження місця події. Однак ArchiBot-M, окрім цього, може самостійно прибирати пожежу, що робить його ще більш корисним інструментом для пожежних та рятувальних бригад. У зв'язку з обмеженим, складним і захаращеним середовищем, необхідним для навігації, для мобільних роботів для гасіння пожеж у приміщеннях розробляється широкий спектр роботизованих конструкцій. До них належать літальні апарати (головним чином чотирикутні або шестигранні), гусеничні/колісні

Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота наземні транспортні засоби, біоміметичні роботи (змієподібні ¹⁰ і жуки ¹¹) і гуманоїди. ¹² Роботів розглядають і як пожежників, і як помічників пожежників. У цих ролях роботи призначені для виявлення пожеж, оцінки небезпеки всередині конструкції, локалізації та гасіння пожеж, а також пошуку та порятунку.



Рисунок 1.4 – ArchiBot-M

Оскільки конструкції розроблені для людей, людиноподібні роботи розробляються для допомоги пожежникам у виконанні завдань у надзвичайних ситуаціях, таких як керування клапанами, відкриття дверей, використання сходів і використання пожежних шлангів. Гуманоїдний робот THOR, розроблений у Virginia Tech, показаний нижче, підтримує сприйняття в суворих умовах за допомогою сенсорів з різними модальностями, включаючи стереоскопічні інфрачервоні тепловізори для визначення відстані через дим і класифікацію вогню, обертовий лазерний далекомір (LIDAR) для створення 3D-хмари точок розташування перешкод у незатемнених середовищах і стереоскопічні камери RGB для створення хмари кольорових точок перешкод (тобто розташування перешкод над кольоровим зображенням сцени).

Цей робот був розроблений у програмі Shipboard Autonomous Firefighting Robot (SAFFiR) для допомоги ВМС Сполучених Штатів у

Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота виконанні завдань інспекції та пожежогасіння, що фінансується Управлінням військово-морських досліджень.



Рисунок 1.4 – Гуманоїдний робот THOR, бере участь у гасінні пожежі

У листопаді 2014 року на борту колишнього корабля *USS Shadwell*, який експлуатувався Військово-морською науково-дослідною лабораторією, THOR ходив по викривлених теплом палубах, тримаючи в руках водяну форсунку, і працював з людиною, щоб придушити пожежу у відсіку за допомогою корабельної водяної форсунки, підключеної до шлангової котушки.

1.1.2 Узагальнення досвіду використання існуючих прототипів

Прогрес у використанні роботів для тушіння пожеж у закритих та захищених приміщеннях надзвичайно швидко набирає обертів. Однак навігація роботів у невідомих просторах залишається складною задачею і ще потребує значних людських втручань. Ідентифікація, локалізація та маніпулювання об'єктами також викликають труднощі, які ще потребують присутності оператора та потужних обчислювальних ресурсів, особливо для операцій з невідомими об'єктами.

Майбутнє використання роботів у пожежогасінні залежатиме від декількох ключових аспектів: тривалості їх роботи, наявності достатньої кількості датчиків для моніторингу середовища, можливостей виконання завдань, вартості, рівня автономності та швидкості переміщення. Багатьом роботам, розробленим для пожежогасіння, не вистачає певних або всіх зазначених характеристик. Для пожежників важливою є також вартість роботів, що наразі обмежує їх ширше використання в гасінні пожеж.

Однак з розвитком технологій та покращенням ефективності ці роботи стануть більш популярними серед пожежників, які будуть використовувати їх для підтримки своїх операцій.

1.2 Оцінка переваг та недоліків існуючих прототипів

1.2.1 Переваги використання роботів у гасінні пожеж

Використання роботів у гасінні пожеж відкриває широкі можливості для покращення ефективності та безпеки пожежних операцій:

- безпека пожежників, роботи здатні здійснювати моніторинг та гасіння пожеж у небезпечних умовах, де загроза для життя та здоров'я людей надзвичайно висока. Вони можуть працювати в умовах, які небезпечні для людини, таких як обвали, викиди шкідливих речовин або високі температури;
- навігація в умовах обмеженого доступу, роботи можуть легко проникати в уражені простори, де людина має обмежений доступ або стикається з труднощами. Вони можуть проникати в закриті приміщення, канали, тунелі, де важко або небезпечно для людини проникнути;
- ефективність та продуктивність, роботи можуть працювати неперервно і без відчуття втоми або стресу, що дозволяє їм ефективно гасити пожежі протягом тривалого часу. Вони можуть виконувати швидкі та точні рухи, що дозволяє їм бути дуже продуктивними в умовах надзвичайної ситуації;

- точність та автономність, деякі роботи можуть виконувати завдання без прямого контролю людини, завдяки розвиненій системі автономного керування та штучного інтелекту. Вони можуть здійснювати самостійні маніпуляції та дії відповідно до отриманої інформації;
- моніторинг та аналіз, роботи оснащені різноманітними датчиками та інструментами, що дозволяють здійснювати моніторинг та аналіз пожежної обстановки. Вони можуть збирати та обробляти дані про температуру, рівень шкідливих речовин у повітрі, стан структур тощо;
- зменшення ризику, роботи можуть швидко реагувати на пожежу, що дозволяє зменшити ризик подальшого поширення вогню та зберегти життя та майно. Різноманітні типи роботів можуть бути адаптовані для різних типів пожеж та умов. Вони можуть мати різні форми, розміри та характеристики.

1.2.2 Недоліки та проблеми, ідентифіковані при використанні існуючих прототипів

Хоча використання роботів у гасінні пожеж має свої переваги, існують також недоліки та проблеми, які ще потребують подальшого вдосконалення:

- обмежена автономність, більшість роботів потребують постійного контролю або навігації з боку оператора. Це обмежує їхню самостійність та здатність працювати у віддалених або недоступних місцях;
- технічні проблеми, роботи можуть стикатися з поломками або неполадками в умовах пожежі через високі температури, вологість або інші стресові умови. Це може призвести до втрати функціональності та зниження ефективності;
- деякі роботи можуть мати обмежену здатність маневрувати або проникати в складні або вузькі простори. Це може ускладнювати їх використання в умовах обмеженого простору;

- розробка та придбання роботів для пожежогасіння може бути вкрай витратною операцією. Вартість роботів, а також їхнє утримання та обслуговування можуть бути надто високими для деяких пожежних служб;
- недостатня навичковість, оператори роботів можуть мати обмежений досвід у користуванні та управлінні ними. Це може призвести до помилок або неправильного використання робота в критичних ситуаціях;
- виклик інтеграції, інтеграція роботів у існуючі пожежні системи та процедури може бути складною та вимагати додаткового часу та зусиль. Недостатня сумісність з існуючими технологіями або процедурами може ускладнити їх впровадження;
- етичні та соціальні питання, використання роботів у пожежній діяльності може викликати етичні та соціальні питання, зокрема стосовно безпеки персоналу, впливу на працівників та відповідальності за їхню роботу.

1.3 Формування вимог до апаратно-програмного забезпечення Обґрунтування необхідності та важливості розробки нового робота

1.3.1 Сценарії та умови, у яких роботи можуть замінити або доповнити роботу людини у гасінні пожеж

Уявімо собі, що високопідйомний офісний будинок загорівся внаслідок короткого замикання в електрощитовій. У такій ситуації, де пожежний доступ обмежений через висоту будівлі та ризик обвалу структури, роботи можуть стати незамінними помічниками. Вони можуть проникнути в середину будівлі, виявити джерело пожежі, а також надати важливі дані про стан структури та розповсюдження вогню.

Ще однією конкретною ситуацією може бути пожежа на промисловому підприємстві, де наявність небезпечних речовин може зробити гасіння пожежі особливо складним. У такому випадку, роботи можуть бути використані для виявлення та моніторингу рівня токсичних викидів, а також для допомоги у

виведенні пожежі під контроль, запобігаючи подальшому поширенню вогню та захисту людей.

Також роботи можуть бути використані в ситуаціях пожежі на транспортних маршрутах, таких як автомобільні дороги чи залізничні колії. У таких випадках, коли доступ до пожежі може бути ускладненим через швидкість руху транспортних засобів, роботи можуть бути відправлені для виявлення та гасіння пожежі, зменшуючи ризик для людей та майна. Враховуючи ці конкретні сценарії, можна зрозуміти, як використання роботів у гасінні пожеж може бути важливим елементом в забезпеченні безпеки та ефективності у небезпечних ситуаціях.

Використання роботів у гасінні пожеж відкриває перед нами широкий спектр можливостей, але одночасно вносить низку викликів та проблем. Незважаючи на значний прогрес у цій галузі, варто визнати, що існують деякі переваги та недоліки, які потрібно урахувати.

Однією з основних переваг є можливість роботів проникати в небезпечні зони, де ризик для людини великий. Вони можуть діяти у складних умовах, таких як пожежі у важкодоступних або високих будівлях, а також у зонах з великим ризиком, наприклад, нафтохімічних заводах чи електростанціях. Роботи можуть бути особливо корисними у випадках масштабних пожеж, де необхідно багато джерел гасіння, а також у сценаріях, коли людський доступ обмежений або небезпечний.

Проте, існують і недоліки використання роботів у гасінні пожеж. Наприклад, не всі роботи можуть виявити ефективність у всіх умовах, і деякі можуть потребувати значних вдосконалень для ефективного використання. Важливим фактором є вартість, оскільки деякі роботи можуть бути дорогими у виробництві та обслуговуванні. Крім того, деякі роботи можуть мати обмежену автономність або швидкість реакції, що робить їх менш ефективними у деяких сценаріях пожежі.

У майбутньому розвиток роботів для пожежогасіння буде залежати від здатності вирішувати ці недоліки та вдосконалювати їхні можливості.

Технологічний прогрес у цій галузі відкриває широкі перспективи для використання робототехніки в небезпечних ситуаціях та підтримки пожежників у їхній роботі. Роботи можуть стати важливим інструментом для забезпечення безпеки та ефективності при гасінні пожеж, але важливо розробляти їх з урахуванням конкретних потреб та викликів, з якими стикаються пожежники.

1.3.2 Сценарії та умови, у яких роботи можуть замінити або доповнити роботу людини у гасінні пожеж

Визначення областей застосування роботів, де вони можуть бути найбільш ефективними, є ключовим аспектом для розуміння потенційних переваг і можливостей цих технологій. Основні області застосування роботів у гасінні пожеж включають:

- ускладнені умови, роботи можуть бути надійними помічниками в умовах, де людям важко або небезпечно проникати. Це може включати високі споруди, тунелі, промислові об'єкти з небезпечними речовинами та інші ускладнені середовища;
- небезпека для життя, роботи можуть бути використані в областях, де є високий ризик для життя та здоров'я людей. Це можуть бути місця з підвищеним ризиком вибухів, токсичних викидів, високих температур або інших небезпечних умов;
- обмежений доступ, роботи можуть бути використані в областях з обмеженим або обмеженим доступом для людей. Це може включати в себе місця з великою кількістю перешкод, такі як руїни, загальники або земляні простори;
- віддалені місця, роботи можуть бути ефективними в областях, що знаходяться віддалено від цивілізації або важкодоступними для людей. Це може бути важливо для пожеж в лісових масивах, віддалених сільських районах або на пустелях;

– критичний час, роботи можуть бути використані в ситуаціях, де кожна секунда має значення. Це може включати пожежі в місцях з великою концентрацією людей, таких як торгові центри, аеропорти, стадіони та інші громадські приміщення.

Враховуючи ці області застосування, можна побачити, що роботи можуть мати великий потенціал для поліпшення ефективності та безпеки у гасінні пожеж.

1.3.3 Обґрунтування конкретних вимог до апаратного та програмного забезпечення нового робота

Обґрунтування конкретних вимог до апаратного та програмного забезпечення нового робота важливе для забезпечення його ефективності, безпеки та надійності у виконанні завдань гасіння пожеж. Ось деякі ключові аспекти, які слід врахувати при визначенні цих вимог:

– навігація і маневреність, робот повинен мати ефективні системи навігації, що дозволяють йому проникати в ускладнені простори, які часто зустрічаються під час гасіння пожеж. Це може включати системи слідування за маршрутом, виявлення перешкод, адаптивні алгоритми керування і т. д.;

– здатність працювати в умовах високої температури та вологості, робот повинен бути стійким до впливу високих температур та вологості, які зазвичай властиві пожежним ситуаціям. Це може вимагати відповідного вибору матеріалів та охолоджувальних систем;

– висока маневреність та швидкість, робот повинен мати здатність швидко реагувати на зміни ситуації та швидко пересуватися до місця пожежі. Це може вимагати потужних моторів, ефективної трансмісії та оптимізованої конструкції шасі;

– системи виявлення пожежі та викидів, робот повинен бути обладнаний надійними датчиками, які дозволяють виявляти пожежу та викиди

навколишнього середовища. Це може включати теплові камери, датчики диму, газу та інші сучасні системи виявлення;

– системи комунікації та зв'язку, робот повинен мати можливість ефективно комунікувати з пожежниками та іншими учасниками оперативного втручання. Це може включати радіо, відео зв'язок, GPS та інші технології;

– програмне забезпечення для автоматизації процесів, робот повинен мати високоякісне програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати багато процесів, таких як навігація, пошук пожежі, виявлення перешкод і тощо.

Загальний принцип полягає у тому, щоб забезпечити, що апаратне та програмне забезпечення робота відповідають специфічним потребам та вимогам пожежної безпеки та дозволяють йому ефективно виконувати свої функції у реальних умовах.

Висновки до розділу 1

Зважаючи на аргументи, можна зробити висновок, що роботи мають великий потенціал для покращення ефективності та безпеки в гасінні пожеж. Їхня здатність працювати в ускладнених умовах, швидка реакція на критичні ситуації та можливість заміни людини в небезпечних сценаріях роблять їх незамінними помічниками пожежних.

Проте, для досягнення максимальної ефективності роботів у гасінні пожеж, необхідно враховувати конкретні вимоги до їхнього апаратного та програмного забезпечення, зокрема щодо навігації, маневреності, стійкості до впливу небезпеки, систем виявлення пожежі та комунікації. Тільки відповідне урахування цих факторів дозволить роботам бути ефективними і надійними у реальних умовах пожежної діяльності.

Доцільно звернути увагу на подальше вдосконалення технологій робототехніки для пожежогасіння, зокрема удосконалення навігаційних систем, підвищення надійності та стійкості до стресових умов, а також зниження витрат на їх розробку та обслуговування. Тільки такий комплексний

підхід дозволить максимально використовувати потенціал роботів у пожежній діяльності.

Підвищення безпеки пожежників, роботи дозволяють здійснювати моніторинг та гасіння пожеж у небезпечних умовах, де ризик для життя та здоров'я людей надзвичайно високий, зменшуючи ймовірність травм та смертей серед рятувального персоналу.

Підвищення ефективності та продуктивності операцій, роботи можуть працювати неперервно та без відчуття втоми, що дозволяє їм ефективно гасити пожежі протягом тривалого часу, що важливо для швидкого і ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

Можливість працювати в умовах обмеженого доступу, роботи можуть легко проникати в уражені простори, де людина має обмежений доступ або стикається з труднощами, що робить їх незамінними помічниками в складних умовах.

Зменшення ризику для майна та життя, швидка реакція роботів на пожежу дозволяє зменшити ризик подальшого поширення вогню та втрати майна, а також зберегти життя та здоров'я мешканців або персоналу.

Обмежена автономність та навігація, більшість роботів потребують постійного контролю або навігації з боку оператора, що обмежує їхню самостійність та здатність працювати у віддалених або недоступних місцях.

Технічні проблеми, роботи можуть стикатися з поломками або неполадками під час експлуатації у стресових умовах пожежі, що може призвести до втрати функціональності та зниження ефективності.

Високі витрати, вартість розробки, придбання та утримання роботів можуть бути витратними для пожежних служб, що може ускладнити їх впровадження та використання.

Недостатня навичковість операторів, оператори роботів можуть мати обмежений досвід у користуванні та управлінні ними, що може призвести до помилок або неправильного використання робота в критичних ситуаціях.

2 КОНСТРУЦІЯ РОБОТА

2.1 Основні модулі та компоненти робота

Проектування конструкції робота, здатного працювати в екстремальних умовах, таких як пожежі, є складним і відповідальним завданням. Основною метою проектування є створення надійної та ефективної машини, яка зможе виконувати свої функції в умовах високих температур, диму та можливого завалення конструкцій. При цьому важливо було забезпечити високу маневреність і надійність робота. В цьому розділі буде детально розглянуто всі етапи проектування конструкції робота.

Робот базується на платформі з чотирьох ніг, що забезпечує високу маневр та стабільність. Рух ніг забезпечують електромотори які приводять у рух крутні механізми на кожній нозі.

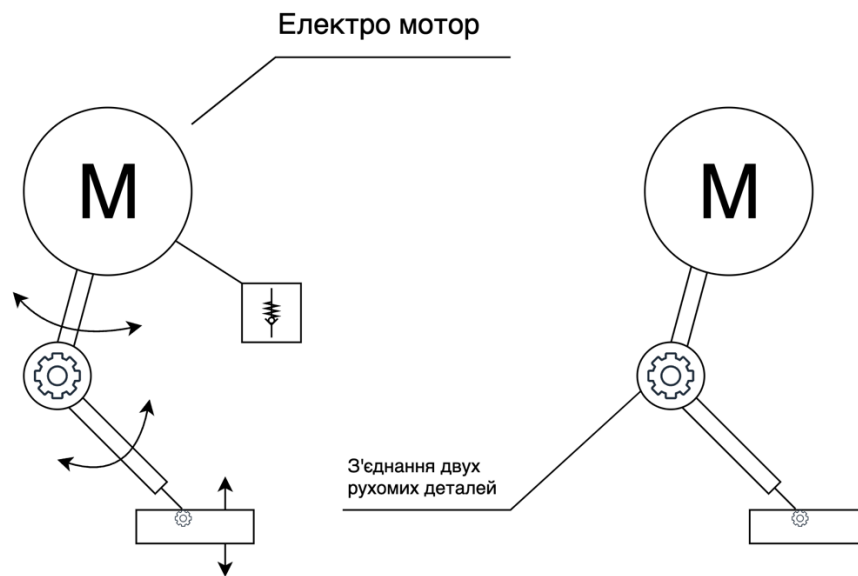


Рисунок 2.1 – Принцип модуля руху

Основні компоненти робота включають електромотори, механізм рухливості, батарея, маніпулятори та сенсори, система гасіння. Розроблені апаратні вимоги до кожного компонента, вони потрібні для отримання потрібного результату.

Апаратні вимоги були складені після аналізу існуючих прототипів та розрахунків.

Таблиця 2.1 – Апаратні вимоги

| | |
|--|--|
| Електромотор з високим крутним моментом | Потужність: не менше 500 Вт Крутний момент: не менше 10 Н·м Напруга живлення: 24-48 В |
| Вогнегасник | Тип: вуглекислотний або порошковий Місткість: не менше 2 кг Система активації: дистанційне управління Механізм кріплення: стандартний фланцевий |
| Камера для візуального обстеження та навігації | Роздільна здатність: не менше 1080p Кут огляду: 90-120 градусів Підключення: USB або Ethernet Захист: IP67 або вище |
| Датчики температури | Тип: термопари або термістори Діапазон вимірювання: від -20 до +500 °С Точність: ± 1 °С Інтерфейс: аналоговий або цифровий (I2C, SPI) |
| Тепловізор | Роздільна здатність: не менше 320x240 пікселів Діапазон температур: від -40 до +300 °С Частота кадрів: не менше 30 Гц Інтерфейс: USB або Ethernet |
| Датчики диму | Тип: оптичні або іонізаційні Чутливість: $\leq 1.5\%$ затемнення/м Живлення: 12-24 В DC Інтерфейс: релейний вихід або 4-20 мА |
| Газові сенсори | Тип: електрохімічні або напівпровідникові Діапазон вимірювання: залежно від газу (CO, CO ₂ , метан тощо) Точність: $\pm 2\%$ Інтерфейс: аналоговий або цифровий (I2C, UART) |
| Лідар | Діапазон вимірювання: до 100 м Точність: ± 2 см Кут огляду: 360 градусів (для 2D) або 120 градусів (для 3D) Інтерфейс: Ethernet або CAN |
| Батарея | Тип: літій-іонні Ємність: не менше 100 А·год Захист: від перенапруги, перегріву, короткого замикання Система охолодження: активна або пасивна Моніторинг: система управління батареями (BMS) |

Корпус робота виготовлено з алюмінію, його обрано як основний матеріал для корпусу через його відмінні механічні властивості. Він легкий, що дозволяє знизити загальну вагу робота, що, в свою чергу, підвищує його маневровість. Крім того, алюміній має високу стійкість до корозії та температурних впливів, що є критично важливим у умовах пожежі.

Робот складається з основних модулів: руховий модуль, модуль маніпуляції, сенсорний модуль та модуль живлення та модуль зв'язку. Кожен з цих модулів відіграє важливу роль у загальній функціональності робота.



Рисунок 2.2 – Електромотор з високим крутним моментом

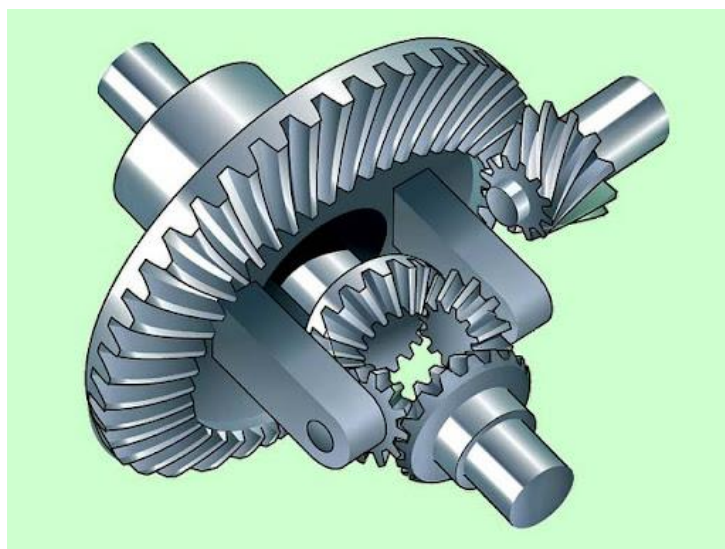


Рисунок 2.3 – Крутний механізм

Руховий модуль включає чотири робо-ноги, які складаються з двох алюмінієвих частин з'єднаних механізмом, оснащені електричними моторами. Електромотори забезпечують достатню потужність для пересування робота на різних поверхнях, включаючи нерівні та слизькі поверхні, характерні для місць пожеж.

Модуль маніпуляції складається з автоматичних вогнегасників, ємності води. Використана високоякісна бездротова камера, яка живиться від акумулятора і дає чітку картинку. Датчики температури, муфта для підключення шланга, дві труби напряму потоку води/пожежної піни. Автоматичні вогнегасники вмонтовані в корпус на бічних панелях та нижній базі за допомогою кріплень.



Рисунок 2.4 – Автоматичний вогнегасник



Рисунок 2.5 – Кріплення для вогнегасників



Рисунок 2.6 – Муфта для підключення пожежного шланга

Дві ємності з водою під тиском вмонтовані в задню частину робота, для сприяння гасінню пожеж.



Рисунок 2.7 – Ємність з водою

Більшість камер не здатні працювати в температурах пожежі, тому було вирішено зробити можливість підключення пожежного шланга. Існує вирішення проблеми у технології LIDAR. Генерація тривимірної карти навколишнього середовища подаючи імпульси, тим самим будуючи структуру простору. Технологія не використовується в проєкті, оскільки її вартість надзвичайно велика.

Використана високоякісна бездротова камера, з максимально маленьким об'єктивом для мінімального впливу температури на працездатність камери. Живиться від акумулятора і дає чітку картинку.



Рисунок 2.8 – Камера Jienuo JN-IP407



Рисунок 2.9 – Лідар: для створення тривимірної карти навколишнього середовища

У проєкті було використано датчик температури DS18B20 у гільзі, який підходить для ESP.



Рисунок 2.10– Датчики температури DS18B20

Сенсорний модуль включає набір сенсорів для виявлення диму, тепла, газів та інших факторів, що дозволяє роботу ефективно орієнтуватися в просторі та виконувати свої завдання.



Рисунок 2.11– Тепловізор: для виявлення теплових аномалій

Сенсори також дозволяють роботу збирати дані для подальшого аналізу.

Модуль живлення складається з батареї великої ємності, що забезпечує тривалий час роботи робота без підзарядки. Батарея повинна бути захищена від високих температур і механічних пошкоджень, шляхом захисту батареї листом алюмінію та фольговою підкладкою між ними.



Рисунок 2.12 – Аккумуляторна батарея Lishen LiFePO4 3,2В 100 Ач

Корпус буде виготовлено з алюмінію і має модульну конструкцію на монолітній базі, що дозволить легко замінювати або ремонтувати окремі компоненти. Важливо було не використовувати в конструкції робота, пластикових та інших схильних до деформації при високій температурі матеріалів. У багатьох місцях використовується фольгова прокладка для захисту компонентів. Корпус забезпечує захист внутрішніх компонентів від високих температур, диму та механічних пошкоджень. Він також має місце для розміщення резервуарів з водою та піною для гасіння пожеж.

У корпусі робота вбудовані баки для води та піни, що використовуються для гасіння пожеж. Ці баки повинні мати достатню ємність, щоб забезпечити ефективне гасіння вогню протягом тривалого часу. Баки повинні бути виготовлені з матеріалів, та захищені, що витримують високі температури.

Важливо було забезпечити надійні з'єднання між різними модулями робота. Інтерфейс бути стандартизований, що дозволяє легко замінювати компоненти та модернізувати робота. З'єднання стійкі до високих температур і механічних впливів.

2.2 Дистанційне керування роботом

Дистанційне керування роботом, який призначений для роботи в екстремальних умовах, таких як пожежі, вимагає розробки надійної системи зв'язку та інтерфейсу користувача, що забезпечить безперервне управління та контроль.

Для забезпечення надійного зв'язку між роботом та оператором в умовах пожеж та інших екстремальних ситуацій використовується декілька технологій бездротового зв'язку. Це дозволяє підтримувати стабільний зв'язок на різних відстанях і в різних умовах. Нижче розглянуто три основні технології бездротового зв'язку: Wi-Fi, 4G/5G і Li-Fi, а також конкретні гаджети та компоненти, які можуть бути використані для реалізації цих технологій.

Wi-Fi є однією з найпоширеніших технологій бездротового зв'язку. Вона забезпечує високу пропускну здатність для передачі відео та інших даних на

Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота коротких відстанях. Основною перевагою Wi-Fi є можливість передачі великого обсягу даних з низькою затримкою, що критично важливо для дистанційного керування роботом.

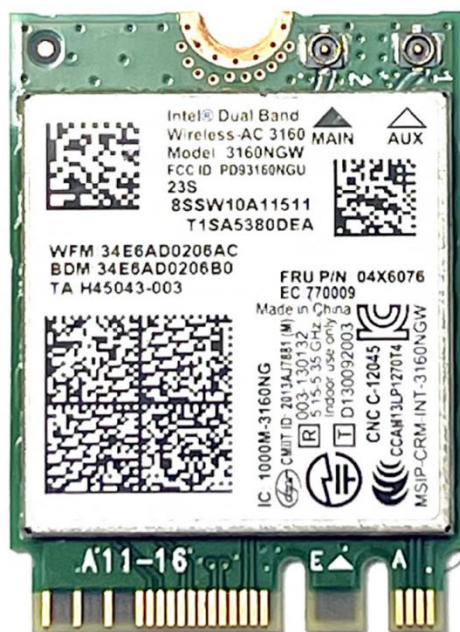


Рисунок 2.13 – Intel Dual Band Wireless-AC 8265



Рисунок 2.14 – TP-Link TL-ANT2408CL

Таблиця 2.2 – Характеристики Wi-Fi пристроїв

| Тип | Назва | Характеристики |
|--------------|----------------------------------|---|
| Wi-Fi модуль | Intel Dual Band Wireless-AC 8265 | Забезпечує високу пропускну здатність до 867 Мбіт/с на частоті 5 ГГц і до 300 Мбіт/с на частоті 2,4 ГГц. Підтримує технології MIMO і MU-MIMO для покращення швидкості передачі даних. |

| Тип | Назва | Характеристики |
|--------------|----------------------|--|
| Wi-Fi антена | TP-Link TL-ANT2408CL | Всеспрямована антена з підсиленням 8 дБі, що покращує прийом і передачу сигналу. |

Але Wi-Fi обмежена технологія яка потребує маршрутизатор чи точку доступу, тому також використовується технологія 4G і 5G, які забезпечують високошвидкісний мобільний зв'язок на великих відстанях та в міських умовах, де є покриття мобільної мережі. 4G забезпечує високу швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с, тоді як 5G здатна забезпечувати швидкості до 10 Гбіт/с з низькою затримкою та більшою надійністю.



Рисунок 2.15 – Proxicast 4G/5G

Таблиця 2.3 – Характеристики 4G/5G пристроїв

| Тип | Назва | Характеристики |
|--------------|--------------------|---|
| 4G/5G антени | Poynting XPOL-2-5G | Антенa з високим підсиленням для 4G і 5G мереж, забезпечує покращений прийом сигналу. |

| Тип | Назва | Характеристики |
|--------------|-----------------|--|
| 4G/5G антени | Proxicast 4G/5G | Всеспрямована антена для підсилення мобільного сигналу, забезпечує стабільне з'єднання навіть у складних умовах. |

Li-Fi є технологією бездротового зв'язку, що використовує видиме світло для передачі даних. Ця технологія дозволяє передавати дані на високих швидкостях у зонах з обмеженим доступом радіохвиль, таких як приміщення з товстими стінами або металевими конструкціями. Li-Fi забезпечує високий рівень безпеки, оскільки світловий сигнал не проникає через стіни.

2.3 3D-модель робота

Була розроблена 3D-модель робота, для більш точного проєктування та візуалізації. Ця модель дозволить оцінити розміри та взаємодію різних компонентів.

3D-модель робота була створена за допомогою програми 3Ds MAX, для тривимірного моделювання. Модель включає всі основні компоненти робота, включаючи корпус, руховий модуль, маніпулятори, сенсори та модуль живлення.

На стадії моделювання було прийнято рішення, сенсорний модуль та модуль зв'язку розташувати попереду, під захистом високотемпературного матеріалу з керамічного волокна. Батарею розташувати внизу в найбезпечнішому місці, під захистом двох товстих пластин. Вогнегасники та баки з водою розташовані зверху, для можливості легкої їх заміни та підключення шланга. Труби для гасіння розташовані попереду під кутом 75 градусів. Людина, що управляє роботом, може налаштовувати вибирати режим, гасіння піною або водою.

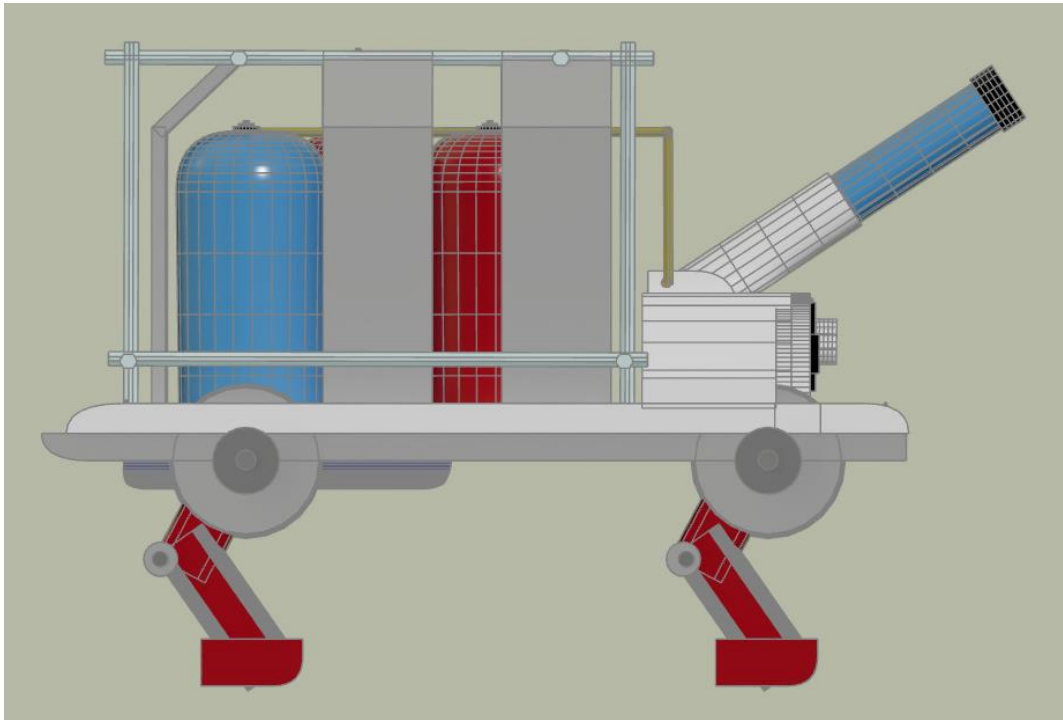


Рисунок 2.16 – 3D-модель робота з полігонами

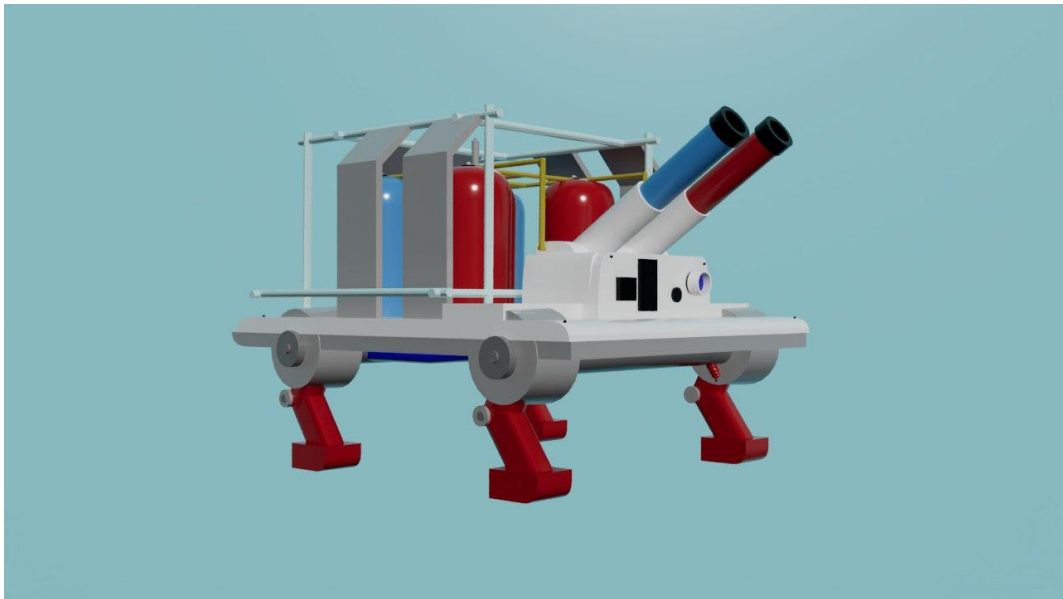


Рисунок 2.17 – 3D-модель робота

За допомогою 3D-моделі було проведено віртуальні випробування конструкції. Це дозволило виявити можливі проблеми на ранніх стадіях проектування та внести необхідні зміни без витрат на виготовлення фізичних прототипів.

2.4 Кінематична схема робота

Кінематична схема робота є ключовою складовою при проєктуванні його рухових можливостей та функціональності. Вона визначає, як кожен компонент робота рухається та взаємодіє з іншими, що дозволяє забезпечити необхідну точність та ефективність виконання завдань. Побудова кінематичної схеми починається з визначення основних параметрів та компонентів робота, включаючи його чотириногу базу, маніпулятори та сенсори. Кожен з цих компонентів має свою кінематичну характеристику, що необхідно враховувати при розробці схеми.

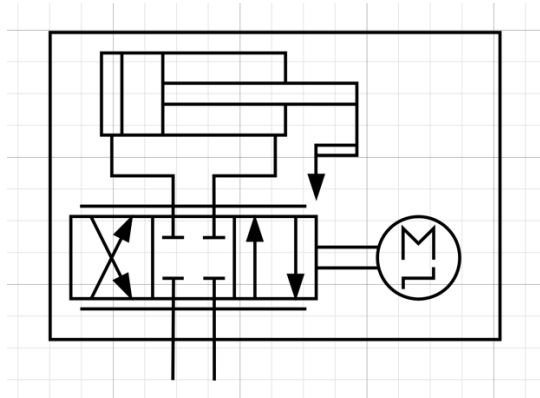


Рисунок 2.18 – Схема електромотора

База робота – платформа на чотирьох ногах, крутні механізми яких рухає електромотор. Таке рішення було прийнято, виходячи з досвіду колісних роботів, які обмежені в рухливості та маневрності на відміну від роботів на ніжках. Це забезпечує основну рухливість робота. Кожна нога може рухатись незалежно, що дозволяє роботу здійснювати повороти та рухатися в будь-якому напрямку.

Маніпуляторами є два пожежних ствола, один призначається для пуску води з бочок з водою, другий для пуску пожежної піни з вогнегасників, за допомогою насоса, який під тиском пропускає рідини за шлангами, що можна побачити на кінематичній схемі (Рис. 2.4.1). Дальність пуску дорівнює п'яти метрам завдовжки і чотирьом метрам заввишки.

Сенсори розташовані на передній частині робота, для збору інформації про навколишнє середовище. Вони включають камеру, тепловізор, датчики температури, димові сенсори та інші датчики.

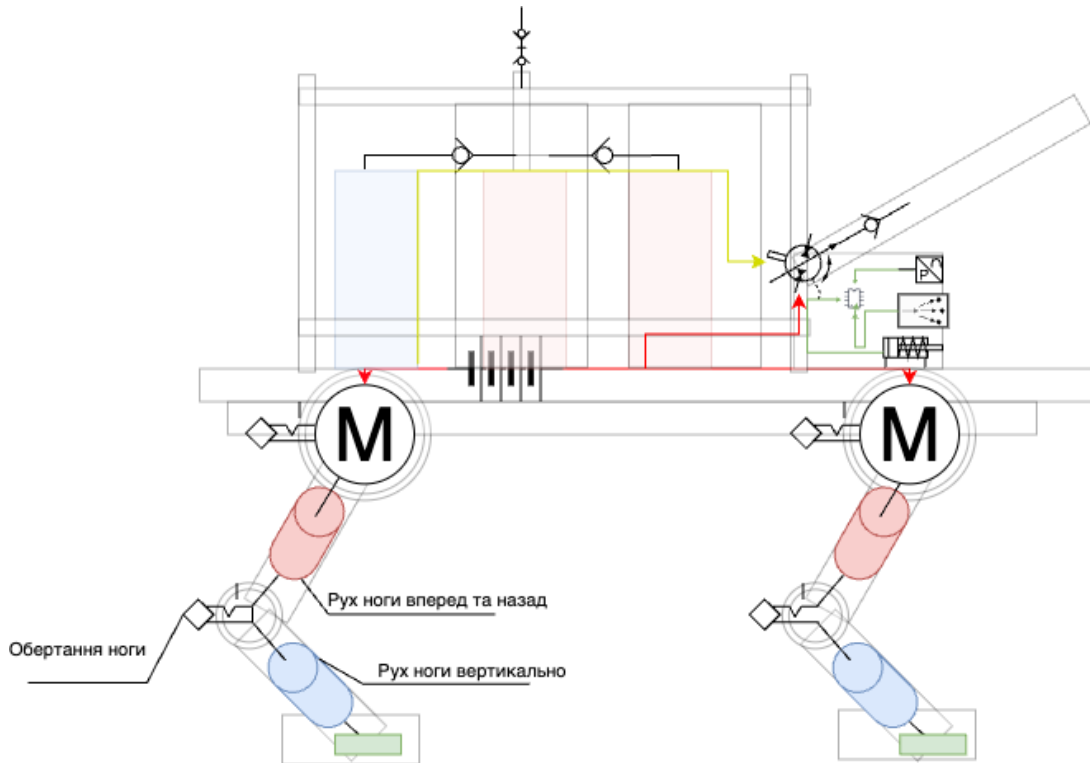


Рисунок 2.19 – Схема робота

Зв'язок між компонентами робота забезпечується через механічні з'єднання. Механічні з'єднання надійні та дозволяють вільний рух кожної ланки. Електронні інтерфейси забезпечують передачу даних від сенсорів до центрального процесора та команд від процесора до рухових модулів.

АПК може швидко пересуватися завдяки його рухомій ходовій частині, завдяки використанню легких матеріалів, робот маневрений і для нього не важко пробратися через перешкоду. Його датчики температури, сенсори повідомляють керуючого ним співробітника про високу температуру та активує процес гасіння.

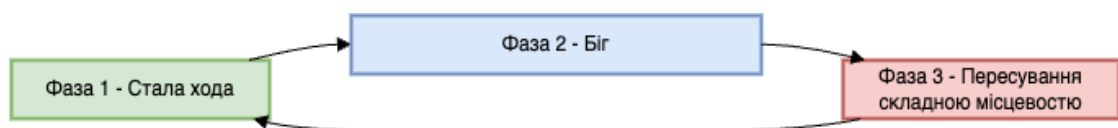


Рисунок 2.20 – Діаграма фаз руху

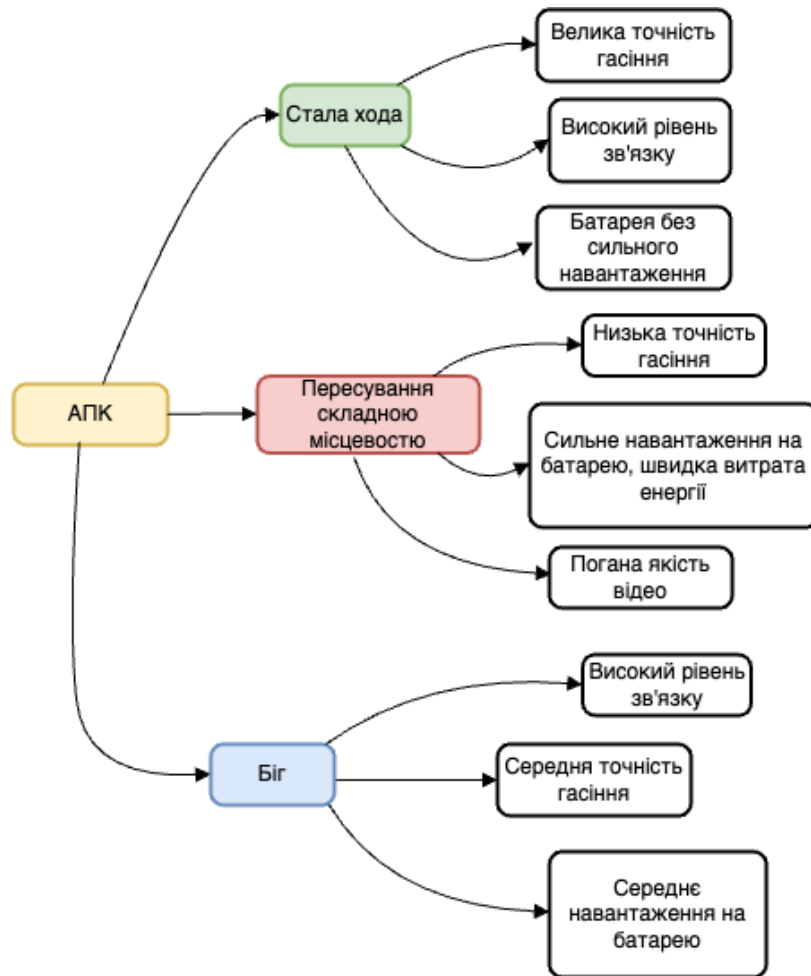


Рисунок 2.21 – Діаграма випробування фаз руху

Було розроблено кілька режимів руху для робота, при використанні кожного з них, у робота змінюються властивості. Режимі руху робота діляться на 3 фази: стала хода, біг, пересування складною місцевістю.

2.4.1 Опис за методикою ДН

Врахуємо, що кожна нога складається з трьох частин і двох з'єднувальних механізмів, завершуючись ступнею.

Для однієї ланки, використовуючи задані параметри ДН:

- $d=10$ – зсув вздовж попередньої осі;
- $\theta=180$ – кут обертання навколо попередньої осі;
- $a=5$ – зсув вздовж поточної осі;
- $\alpha=90$ – кут обертання навколо поточної осі.

Формуємо матрицю перетворення A для цієї ноги.

В загальному випадку, матриця перетворення ДН виглядає так:

$$A = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \cos \alpha & \sin \theta \sin \alpha & a \cos \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \cos \alpha & -\cos \theta \sin \alpha & a \sin \theta \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Підставляємо значення:

$$A = \begin{pmatrix} \cos 180^\circ & -\sin 180^\circ \cos 90^\circ & \sin 180^\circ \sin 90^\circ & 5 \cos 180^\circ \\ \sin 180^\circ & \cos 180^\circ \cos 90^\circ & -\cos 180^\circ \sin 90^\circ & 5 \sin 180^\circ \\ 0 & \sin 90^\circ & \cos 90^\circ & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Підставимо тригонометричні значення:

$$A = \begin{pmatrix} -1 & -0 \cdot 0 & 0 \cdot 1 & 5 \cdot -1 \\ 0 & -1 \cdot 0 & -(-1) \cdot 1 & 5 \cdot 0 \\ 0 & 1 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Спростуємо:

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & -5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Отже, матриця перетворення А для ноги робота:

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & -5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Ця інформація є критично важливою для робототехніки, оскільки точне позиціонування і орієнтація ланок визначає ефективність і правильність

функціонування робота. Завдяки матриці перетворення можна точно описати рухи і положення кожної ланки, що дозволяє інженерам і програмістам створювати складні алгоритми для керування рухом робота. Отримані дані також важливі для зворотної кінематики, де необхідно знайти такі значення кутів обертання і зсувів, щоб робот досягнув бажаного положення в просторі. Таким чином, матриця перетворення не лише описує поточне положення і орієнтацію ланки, але й є основою для подальшого аналізу та управління кінематикою робота.

Висновки ро розділу 2

У цьому розділі представлена повна інформація про конструкцію робота, принцип роботи ходової частини, камери та інших сенсорів, принцип роботи гасіння та можливості підключення зовнішнього пожежного шланга до роботи. Також були представлені апаратні вимоги, що використовуються для правильного підбору компонентів і сам перелік всіх основних компонентів, і пояснення до кожного з них, чому саме він використовується в цьому роботі. Була продемонстрована детальна 3д модель і кінематична схема, що показують принцип роботи різних модулів робота. Наочно показані з допомогою діаграм фази руху, як і змінюються властивості робота за кожної їх.

В результаті є робот, побудований на базі чотирьох ніг, за допомогою яких він маневрений і швидкий, корпус робота виготовлений з алюмінію, всі важливі системні компоненти захищені від підвищених температур, живиться від батареї, що знаходиться знизу під основною алюмінієвою базою. Використовується високоякісна камера та датчики температури, які надсилають сигнал про початок режиму гасіння. У запасі у робота 3 автоматичних вогнегасника та 2 баки з водою, двома стволами, за допомогою насоса під тиском рідина з пожежних стволом досягає 5 метрів у довжину та 4 у висоту. Також є важлива функція підключення зовнішнього шланга для ручного гасіння пожежі у разі виходу робота з ладу.умовах.

3 АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВАРТІСТЬ КОМПОНЕНТІВ

3.1 Демонстрація роботи датчика температури на базі ESP

Система розпізнавання пожежі та включення пожежного режиму, створена на базі ESP модуля, являє собою інтеграцію високотехнологічних рішень для забезпечення безпеки та ефективного реагування на пожежі. Основу цієї системи складає температурний датчик DS18B20, який відіграє ключову роль у виявленні критично високих температур. Датчик розміщений у гільзі для забезпечення точності вимірювання та захисту від зовнішніх впливів, що дозволяє йому ефективно визначати температуру в середовищі, де він встановлений.



Рисунок 3.1 – Датчик температури DS18B20

Як тільки датчик DS18B20 реєструє температуру, що перевищує 70 °С, він надсилає сигнал про пожежну небезпеку до ESP модуля. Цей поріг був обраний через те, що така температура є індикатором потенційної пожежі, і

реакція на неї повинна бути миттєвою, щоб мінімізувати можливі збитки. Сигнал від датчика передається за допомогою спеціально розробленого коду на мові програмування Python, що забезпечує швидкість і надійність обробки даних.

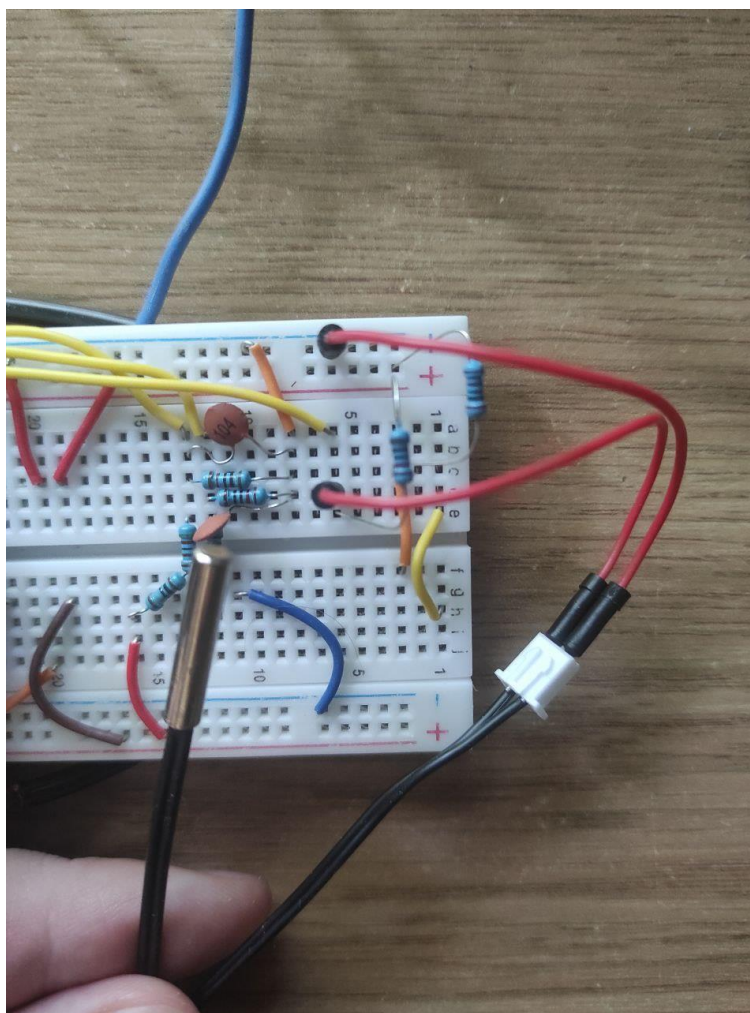


Рисунок 3.2 – Датчик температури підключається до макетної плати

Отримавши сигнал про небезпеку, ESP модуль активує пожежний режим для апаратно-програмного комплексу, що включає в себе мобільного чотириноного робота. Цей робот, оснащений системами для гасіння пожеж, негайно розпочинає виконання своїх завдань. Чотиринога конструкція робота надає йому високу прохідність і маневреність, що дозволяє йому ефективно переміщатися в умовах пожежі, де традиційні засоби можуть бути малоефективними.

Робот оснащений різноманітними сенсорами та камерами, що забезпечують йому можливість бачити і реагувати на зміни в обстановці в реальному часі. Як тільки робот підходить до місця займання, він використовує свої інтегровані системи для гасіння вогню.

Інтеграція датчика DS18B20, ESP модуля і мобільного робота створює синергію технологій, що забезпечує швидке і точне реагування на пожежні ситуації, мінімізуючи пошкодження майна і збільшуючи шанси на збереження життя та здоров'я людей.

Цей комплекс демонструє потенціал сучасних технологій у забезпеченні безпеки і реагуванні на надзвичайні ситуації. Він є прикладом того, як інновації у сфері сенсорних технологій, робототехніки та програмування можуть бути об'єднані для створення ефективних рішень, що здатні впоратися з викликами сучасного світу.

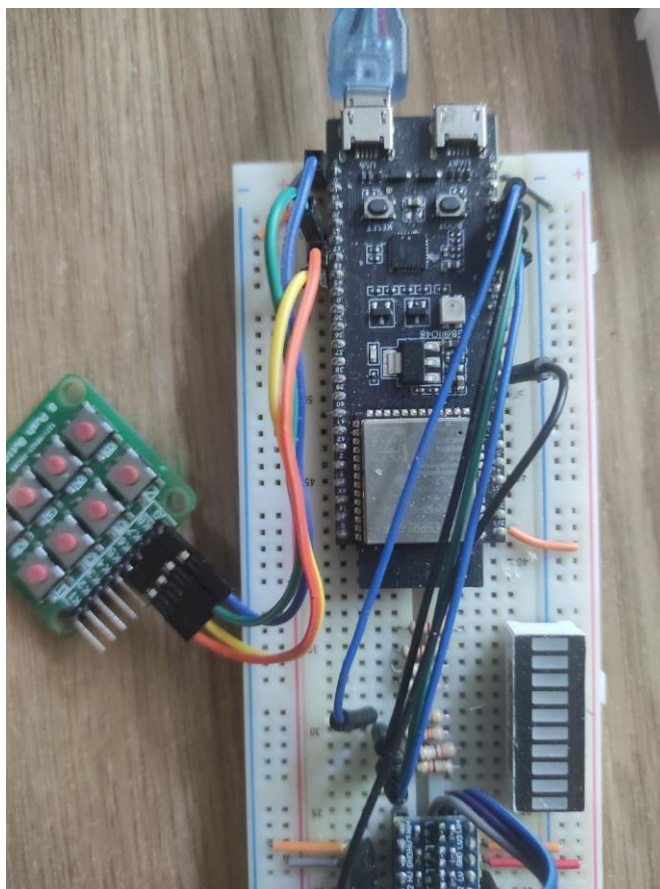


Рисунок 3.3 – Зібрана система з платою ESP та датчиком температури

```
1 import time
2 import machine
3 import onewire
4 import ds18x20
5
6 # Ініціалізація OneWire шини
7 dat = machine.Pin(2) # Пін, до якого підключений датчик
8 ds = ds18x20.DS18X20(onewire.OneWire(dat))
9
10 # Знайти пристрої на шині
11 roms = ds.scan()
12 print('Found DS devices:', roms)
13
14 # Порог температури для активації пожежного режиму
15 TEMPERATURE_THRESHOLD = 70.0
16
17 while True:
18     ds.convert_temp()
19     time.sleep(1) # Затримка для отримання даних з датчика
20     for rom in roms:
21         temperature = ds.read_temp(rom)
22         print('Temperature:', temperature, 'C')
23         if temperature >= TEMPERATURE_THRESHOLD:
24             print("Fire hazard detected! Activating fire suppression mode.")
25             # Включення пожежного режиму, наприклад, активування світлодіода
26             led = machine.Pin(2, machine.Pin.OUT)
27             led.on()
28             # Інші дії для включення пожежного режиму
29             time.sleep(1)
```

Рисунок 3.4 – Код програми

Створення системи розпізнавання пожежі та включення пожежного режиму на базі ESP модуля за допомогою Python є інтеграцією сучасних технологій для забезпечення безпеки та швидкого реагування на надзвичайні ситуації. У цій програмі ми використовуємо датчик температури DS18B20, який є ключовим компонентом для виявлення підвищення температури до критичних значень. Датчик підключається до ESP модуля через протокол OneWire, що дозволяє ефективно збирати дані про температуру в реальному часі.

На початку програми ініціалізується шина OneWire, до якої підключений датчик температури DS18B20. Використовується пін 2 мікроконтролера, який відповідає за зчитування даних з датчика. Програма сканує наявні пристрої на шині OneWire і виводить їх адреси, що дозволяє переконатися в успішному підключенні датчика. Це є важливим етапом, оскільки забезпечує правильне налаштування системи перед початком її роботи.

Основною частиною програми є безперервний цикл, в якому відбувається зчитування температури з датчика. Перш за все, викликається метод `convert_temp()`, який ініціює вимірювання температури датчиком. Потім слідує затримка в одну секунду для забезпечення коректного отримання даних. Після цього для кожного пристрою на шині OneWire викликається метод `read_temp()`, який зчитує температуру в градусах Цельсія.

Зчитане значення температури виводиться на екран, що дозволяє користувачу бачити поточний стан температури в середовищі. Якщо температура перевищує встановлений поріг у 70 градусів Цельсія, програма виводить повідомлення про пожежну небезпеку і активує пожежний режим. Поріг температури обраний так, щоб забезпечити миттєву реакцію на потенційну пожежу, мінімізуючи можливі збитки і підвищуючи безпеку.

Для активації пожежного режиму в програмі використовується вивід на світлодіод, який підключений до піну 2. Увімкнення світлодіода сигналізує про спрацювання системи і може бути розширене додатковими діями, такими як активація системи пожежогасіння або відправка сигналу тривоги. Це забезпечує миттєву реакцію на підвищення температури і дозволяє оперативно вжити заходів для ліквідації пожежі.

Програма має циклічну структуру з регулярними вимірюваннями температури, що забезпечує постійний моніторинг середовища. Затримка між вимірюваннями становить одну секунду, що дозволяє системі оновлювати дані про температуру в реальному часі без значних затримок. Така частота вимірювань є оптимальною для забезпечення балансу між точністю моніторингу і ресурсами мікроконтролера.

Таким чином, ця програма демонструє ефективну інтеграцію датчика температури DS18B20 і ESP модуля для створення системи розпізнавання пожежі. Використання Python дозволяє легко налаштовувати і розширювати функціональність системи, забезпечуючи гнучкість у вирішенні завдань безпеки. Інноваційний підхід до моніторингу температури і швидке

Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота реагування на критичні ситуації роблять цю систему надійним рішенням для виявлення та гасіння пожеж.

3.2 Технічні характеристики та вартість основних компонентів

Потужність у 500 Вт дозволяє мотору забезпечувати достатній крутний момент для руху робота навіть на складній місцевості. Це важливо для роботи в умовах пожеж, де робот може зустрічати різні перешкоди та нерівності.

Напруга живлення 24 В є стандартною для багатьох робототехнічних застосувань, що спрощує інтеграцію з іншими електронними компонентами та батареєю системою робота. Швидкість обертання 2700 об/хв забезпечує швидке переміщення робота, що є критично важливим у екстрених ситуаціях, коли необхідно швидко реагувати на зміни в навколишньому середовищі.

Таблиця 3.1 – Характеристики мотора Alfa Wheels Electric Scooter Motor 24 В 500


| Модель | Мотор Alfa Wheels Electric Scooter Motor 24 Volt 500 |
|------------------------------|---|
| Зображення |  |
| Номінальна потужність | 500 Вт |
| Номінальна напруга | 24 Вт |
| Номінальна кількість обертів | 2700 об/хв |
| Висота двигуна | 105 мм |
| Загальна довжина | 136 мм |
| Ціна | 5280 грн |

З діаметром валу 105 мм і загальною довжиною 136 мм, мотор є достатньо компактним для інтеграції в робота, не займаючи надто багато місця і дозволяючи залишити більше простору для інших важливих компонентів, таких як сенсори, батареї та система керування. Мотори, призначені для електричних скутерів, зазвичай мають високу надійність і довговічність, оскільки вони призначені для роботи в різних умовах і повинні витримувати

Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж на базі чотириноного мобільного робота постійні навантаження. Також відносно невисока вартість такого мотора робить його привабливим вибором для проєкту, де важливо забезпечити баланс між продуктивністю та бюджетом.

Таким чином, мотор Alfa Wheels Electric Scooter Motor 24 є оптимальним вибором для проєкту, забезпечуючи необхідну потужність, надійність і економічність для ефективного виконання завдань з гасіння пожеж.

Таблиця 3.2 – Характеристики автоматичного вогнегасника ОП2

| Модель | Автоматичний вогнегасник ОП2 для ліквідації пожежі, Порошковий вогнегасник для пожеж різних класів |
|------------------------------|---|
| Зображення |  |
| Маса заряду | 2-кг |
| Напруга електроустановок | 1000 В |
| Номінальна кількість обертів | 2700 rpm |
| Висота двигуна | 105 мм |
| Загальна довжина | 136 мм |
| Ціна | 527 грн |

Таблиця 3.3 – Характеристики камери Jienuo JN-IP407

| Модель | Камера Jienuo JN-IP407 |
|----------------------------|---|
| Зображення |  |
| Роздільна здатність камери | 420 |
| Запис відео | 1080p |

| Модель | Камера Jienuo JN-IP407 |
|--------------------------|-------------------------------|
| Кількість випромінювачів | 4 |
| Кут огляду камери | 120 |
| Джерело живлення | Вбудований акумулятор |
| Ємність акумулятора | 5200 ампер-год. |
| Вага камери | 30 г |
| Кількість мегапікселів | 2 |
| Підсвічування камери | Інфачервона |
| Час автономної роботи | 6 год |
| Ціна | 4772 грн |

З роздільною здатністю 420 TVL і підтримкою Full HD, ця забезпечує чітке і деталізоване зображення. Камера має вбудований акумулятор ємністю 5200 мА·год, що дозволяє їй працювати автономно до 6 годин, а вага всього 30 грамів робить її легкою і зручною для інтеграції у мобільні системи. Камера обладнана чотирма інфрачервоними діодами, що дозволяє їй ефективно працювати у темряві, забезпечуючи надійний нічний огляд. Кут огляду 120 градусів дає можливість охопити значну область для моніторингу, що особливо корисно для роботи у непередбачуваних умовах пожежі. Таким чином, камера Jienuo JN-IP407 є оптимальним вибором для робота, забезпечуючи необхідну функціональність і надійність при виконанні завдань з гасіння пожеж.

Таблиця 3.4 – Характеристики датчика температури LM35DZ

| Модель | Датчик температури аналоговий LM35DZ |
|-----------------------------|---|
| Зображення |  |
| Калібрування в градусах | Цельсій |
| Лінійність | + 10.0 мВ/°С |
| Точність перетворення | 0.5 °С (при +25 °С) |
| Робочий діапазон вимірювань | від 0 до +100 °С |
| Робочий діапазон напруги | від +4 до +30 В |
| Споживаний струм | менше 60 мкА |

| | |
|--------------------|---|
| Модель | Датчик температури аналоговий LM35DZ |
| Малий саморозігрів | 0.08 °C |
| Ціна | 640 грн |

Датчик температури LM35DZ є високоточним аналоговим сенсором, який вимірює температуру в градусах Цельсія і забезпечує вихідний сигнал у вигляді аналогової напруги, де 10 мВ відповідають кожному градусу Цельсія.

Діапазон вимірювань від 0 до +100 °C дозволяє датчику ефективно працювати у широкому спектрі температурних умов, що охоплює більшість ситуацій, з якими може стикатися робот під час гасіння пожеж. Робоча напруга від +4 до +30 В забезпечує гнучкість у виборі джерела живлення, а низьке споживання струму дозволяє використовувати датчик в енергоефективних системах.

Таблиця 3.5 – Характеристики тепловізора ATIS BB-01

| | |
|--------------------------|---|
| Модель | Тепловізор ATIS BB-01 |
| Зображення |  |
| Поле зору | 40° |
| Лінійність | + 10.0 мВ/°C |
| Діапазон фокусування | Від 25 см до нескінченності |
| Відстань вихідної зіниці | 25 мм |
| Час роботи | 60 год |
| Тип батареї | 1x CR123 |
| Малий саморозігрів | 0.08 °C |
| Ціна | 157700 грн |


Тепловізор ATIS BB-01 є високоточним інфрачервоним сенсором, який дозволяє виявляти теплові аномалії і вимірювати температуру на відстані. З кутом огляду 40° і діаметром об'єктива 25 мм, цей тепловізор забезпечує широке покриття області спостереження, дозволяючи виявляти гарячі точки і аналізувати стан навколишнього середовища з великої відстані. Вихідний

сигнал дозволяють отримувати точні температурні показники, що є важливим для своєчасного виявлення загроз.

Час роботи від одного заряду батареї типу CR123 складає до 60 годин. Діапазон вимірювань відстані від 25 см до нескінченності забезпечує гнучкість у використанні, дозволяючи працювати як з близькими об'єктами, так і з об'єктами на великій відстані.

ATIS BB-01 є оптимальним вибором для робота, забезпечуючи високу точність, надійність та автономність у складних умовах гасіння пожеж.

Таблиця 3.6 – Характеристики акумуляторної батареї Lishen LiFePO4 3,2В 100 Ач клас А

| Модель | Акумуляторна батарея Lishen LiFePO4 3,2В 100 Ач клас А |
|--|--|
| Зображення |  |
| Номінальна напруга | 3.2 Вт |
| Номінальна ємність | 100 Ач |
| Напруга закінчення розряду | 2.5 Вт |
| Напруга кінцевого заряду | 3.65 Вт |
| Стандартний заряд/розряд А | 0.5С/1С |
| Стандартний струм розряду А | 0.5С |
| Максимальний швидкий струм розряду F | 1С |
| Максимальний короткочасний струм розряду А | 3С (10 сек.) |
| Внутрішній опір | $\leq 0,5m\Omega$ |
| Кількість циклів | ≥ 3000 (0.2С/0.2С) DOD80% |
| Вага | 2.9 кг |
| Ціна | 4100 грн |

Для живлення всієї системи використовується акумуляторна батарея Lishen LiFePO4 3,2В 100 Ач, яка забезпечує високу ємність і надійність. Насос підвищення тиску OPTIMA PT10-10, з потужністю 90 Вт і максимальним потоком 16 л/хв, забезпечує необхідний напір для системи гасіння пожеж.

Муфта 2" STORZ з нержавіючої сталі забезпечує надійне з'єднання пожежних шлангів та інших елементів системи.

Таблиця 3.7 – Характеристики насоса підвищення тиску OPTIMA PT10-

10

| Модель | Насос підвищення тиску optima pt10-10 |
|----------------------|--|
| Зображення |  |
| Потужність | 90 Вт |
| Макс потік | 16 л/хв |
| Макс натиск | 10/1,0 атм м |
| Міжосьова відстань | 88 мм |
| Різьбове підключення | 3/4 |
| Вага | 2.5 кг |
| Ціна | 1807 грн |


Насос підвищення тиску Optima PT10-10 є важливим компонентом для забезпечення ефективної роботи системи гасіння пожежі у роботі. Цей насос має потужність 90 Вт, що дозволяє йому створювати максимальний потік до 16 літрів на хвилину. Завдяки цьому, він здатний швидко забезпечувати необхідний об'єм води для гасіння вогню. Максимальний натиск насоса становить 10 метрів або 1,0 атмосфер, що дозволяє ефективно використовувати його для підвищення тиску води у системі гасіння пожежі. Міжосьова відстань насоса складає 88 мм, а різьбове підключення має діаметр 3/4 дюйма, що забезпечує легкість інтеграції насоса в систему водопостачання робота. Вага насоса становить 2,5 кг, що робить його достатньо легким для мобільного робота, забезпечуючи при цьому необхідну стабільність і надійність.

Ціна насоса Optima PT10-10 становить 1807 грн, що робить його доступним вибором для проектів, де важливо зберегти баланс між продуктивністю і бюджетом.

У контексті використання цього насоса у пожежному роботі, його роль є критично важливою. Насос забезпечує необхідний тиск води, що дозволяє роботу ефективно подавати воду до місця займання. Високий тиск і значний потік води, які забезпечує насос, дозволяють швидко гасити полум'я, запобігаючи його поширенню. Під час роботи насос буде підключений до резервуара з водою, що знаходиться на роботі або поруч з ним. Коли система розпізнавання пожежі активується, насос починає працювати, підвищуючи тиск води і забезпечуючи її подачу через шланги або розпилювачі до місця займання. Це забезпечує можливість цілеспрямованого і ефективного гасіння пожежі навіть у важкодоступних місцях.

Таким чином, насос підвищення тиску Optima PT10-10 є невід'ємною частиною системи гасіння пожежі робота. Його технічні характеристики і здатність забезпечувати високий тиск води роблять його ідеальним вибором для забезпечення швидкої і ефективної боротьби з пожежами.

Таблиця 3.8 – Характеристики муфти 2” STORZ

| Модель | Муфта 2” STORZ |
|-------------------|---|
| Зображення |  |
| Діаметр з'єднання | 50 мм |
| Матеріал | Нержавіюча сталь |
| Ціна | 155 грн |

У розділі, присвяченому характеристикам компонентів робота для гасіння пожеж, детально розглянуті основні складові, що забезпечують його функціональність і ефективність. Центральним елементом системи є мотор Alfa Wheels Electric Scooter Motor 24, який забезпечує необхідну потужність та крутний момент для руху робота по складній місцевості.

Цей мотор має номінальну потужність 500 Вт, що дозволяє йому долати перешкоди, які можуть зустрічатися під час гасіння пожеж. Номінальна напруга 24V є стандартною для багатьох робототехнічних систем, що спрощує інтеграцію з іншими компонентами робота. Швидкість обертання 2700 об/хв забезпечує оперативне переміщення, що критично важливо в екстрених ситуаціях. Компактні розміри мотора дозволяють залишити більше простору для інших важливих компонентів, таких як сенсори та системи управління.

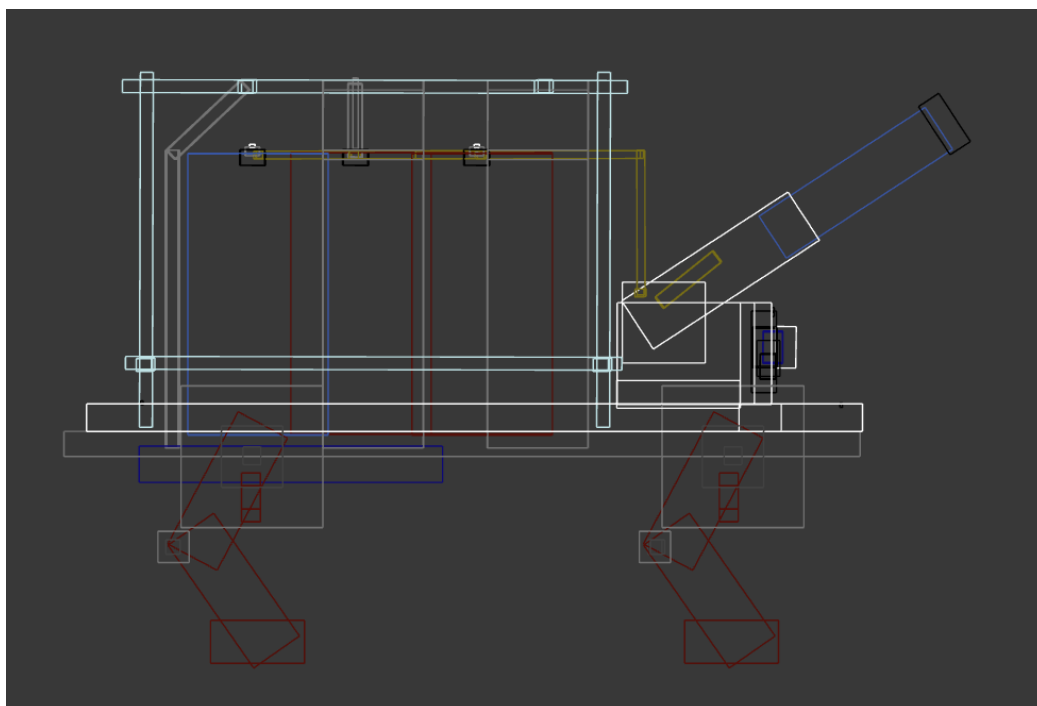


Рисунок 3.5 – Прозора схема робота

Важливим компонентом є автоматичний вогнегасник ОП2, який має масу заряду 2 кг та здатен працювати при напрузі до 1000V, що робить його універсальним для гасіння пожеж різних класів. Камера Jіenuo JN-IP407 зі своєю високою роздільною здатністю та підтримкою Full HD забезпечує чітке зображення, що необхідно для моніторингу ситуації в умовах пожежі. Її автономність до 6 годин та невелика вага роблять її зручною для використання в мобільних системах.

Датчик температури LM35DZ, завдяки високій точності та широкому діапазону вимірювань від 0 до +100 °C, дозволяє роботі ефективно реагувати на зміни температури навколишнього середовища. Його низьке споживання

струму є додатковою перевагою для енергоефективних систем. Тепловізор ATIS BB-01, з високою точністю та широким полем зору, дозволяє виявляти теплові аномалії на значній відстані, що є важливим для оперативного виявлення загроз та аналізу стану середовища.

Таким чином, сукупність цих компонентів створює ефективну та надійну систему для робота, що займається гасінням пожеж. Вибір кожного елемента базується на його здатності забезпечити високу продуктивність, надійність та економічну доцільність, що є критично важливими для успішного виконання завдань в екстремальних умовах.

3.3 Реалізоване апаратне забезпечення

Використання Python для розробки системи розпізнавання пожежі та включення пожежного режиму на базі ESP модуля має численні переваги, що роблять цей вибір очевидним для багатьох розробників. Python є високорівневим мовою програмування, відомим своєю простотою та читабельністю коду, що сприяє швидкому написанню та налагодженню програм. Цей аспект є критично важливим, коли мова йде про розробку систем безпеки, де час розробки та тестування може мати вирішальне значення.

Однією з головних переваг Python є його величезна екосистема бібліотек та модулів, які можна легко інтегрувати в проєкти. У випадку роботи з ESP модулями, зокрема ESP8266 або ESP32, доступні бібліотеки, такі як micropython та esptool, які спеціально розроблені для роботи з цими модулями. Ці бібліотеки дозволяють з легкістю програмувати та завантажувати код на ESP модулі, а також надають можливості для роботи з різними датчиками та пристроями через інтерфейси, такі як I2C, SPI та OneWire. Це спрощує процес підключення та налаштування периферійних пристроїв, таких як датчики температури DS18B20, і дозволяє зосередитися на логіці та функціональності програми.

Ще однією значною перевагою Python є його інтерпретований характер, що дозволяє швидко тестувати та відлагоджувати код. На відміну від

компільованих мов, Python не потребує довгого процесу компіляції, що значно зменшує час від написання коду до його виконання. Це особливо корисно під час розробки вбудованих систем, де часто виникає потреба в частих змінах та тестуванні різних частин коду. Можливість швидкого виявлення та виправлення помилок робить Python ідеальним вибором для прототипування та експериментів.

Платформа ESP, зокрема ESP8266 та ESP32, чудово поєднується з Python завдяки підтримці MicroPython - версії Python, оптимізованої для вбудованих систем. MicroPython надає більшість можливостей стандартного Python, але з оптимізаціями для роботи на обмежених апаратних ресурсах. Це дозволяє використовувати відомі та зручні конструкції мови Python, такі як цикли, функції та об'єкти, навіть на невеликих і дешевих мікроконтролерах. Завдяки цьому, розробники можуть створювати складні програми, що реагують на події та виконують завдання в реальному часі, не турбуючись про низькорівневе управління апаратурою.

Крім того, Python відомий своєю крос-платформенністю, що дозволяє розробляти програми на будь-якій операційній системі, будь то Windows, macOS або Linux. Це забезпечує велику гнучкість для розробників, які можуть працювати у своєму улюбленому середовищі без необхідності адаптувати код для різних систем. Така універсальність робить Python зручним інструментом для командної розробки, де учасники можуть використовувати різні операційні системи, але працювати над одним і тим самим проєктом.

Python також має активну та велику спільноту розробників, що означає наявність численних ресурсів для навчання, підтримки та обміну досвідом. Величезна кількість документації, прикладів коду, форумів та відеоуроків робить Python доступним для новачків та досвідчених програмістів. Це сприяє швидкому освоєнню мови та ефективному вирішенню проблем, які можуть виникнути під час розробки.

У контексті роботи з ESP модулями Python також забезпечує легкий доступ до інтернету та мережевих можливостей. Завдяки бібліотекам, таким

як `urequests` та вбудованим можливостям ESP8266 та ESP32 для роботи з Wi-Fi, розробка інтернет-речей (IoT) стає значно простішою. Це дозволяє легко інтегрувати систему розпізнавання пожежі з іншими пристроями та сервісами, наприклад, для відправлення повідомлень про небезпеку на смартфон або для підключення до хмарних платформ для зберігання та аналізу даних.

Таким чином, використання Python для розробки системи розпізнавання пожежі на базі ESP модуля є оптимальним вибором завдяки його простоті, потужній екосистемі бібліотек, інтерпретованому характеру, підтримці MicroPython, крос-платформенності, великій спільноті та можливостям інтеграції з інтернетом. Всі ці фактори роблять Python ідеальним інструментом для створення надійних, ефективних та інноваційних рішень у сфері безпеки та реагування на надзвичайні ситуації. Описана система розпізнавання пожежі та включення пожежного режиму на базі ESP модуля є яскравим прикладом інтеграції сучасних технологій для забезпечення ефективного реагування на пожежі. Використання температурного датчика DS18B20, який надійно вимірює температуру в реальному часі, дозволяє точно і своєчасно визначати загрозу пожежі. Граничне значення температури у 70 °C було обрано як критичний показник, що сигналізує про можливий початок пожежі. При досягненні цього порогу датчик надсилає сигнал до ESP модуля, який миттєво активує пожежний режим.

Відразу після активації пожежного режиму, мобільний чотириногий робот, оснащений необхідними системами для гасіння вогню, починає свою роботу. Висока прохідність і маневреність робота забезпечують його ефективність навіть у складних умовах, що є незамінним при боротьбі з пожежами. Система сенсорів і камер, встановлених на роботі, дозволяє йому адекватно реагувати на зміни в обстановці, забезпечуючи швидке і точне гасіння вогню.

Інтеграція температурного датчика, ESP модуля і мобільного робота демонструє потужний потенціал сучасних технологій у забезпеченні безпеки. Цей комплекс є прикладом того, як інновації у сфері сенсорних технологій,

робототехніки та програмування можуть бути об'єднані для створення ефективних рішень, що здатні впоратися з викликами сучасного світу. Він забезпечує не лише швидке реагування на пожежні ситуації, але й мінімізацію можливих збитків, збереження життя та здоров'я людей.

```
import time
import machine
import onewire
import ds18x20

dat = machine.Pin(2)
ds = ds18x20.DS18X20(onewire.OneWire(dat))

roms = ds.scan()
print('Found DS devices:', roms)

TEMPERATURE_THRESHOLD = 70.0

while True:
    ds.convert_temp()
    time.sleep(1)
    for rom in roms:
        temperature = ds.read_temp(rom)
        print('Temperature:', temperature, 'C')
        if temperature >= TEMPERATURE_THRESHOLD:
            print("Fire hazard detected! Activating fire suppression mode.")
            led = machine.Pin(2, machine.Pin.OUT)
            led.on()
            time.sleep(1)
```

Лістинг 3.1 – Код програми

Є готове апаратне забезпечення, що включає всі необхідні компоненти для реалізації цієї системи. Це означає, що запропоноване рішення може бути впроваджене в реальних умовах, забезпечуючи надійний захист і своєчасне реагування на пожежі.

Висновок ро розділу 3

Завдяки своїй простоті, потужній екосистемі бібліотек та модулів, інтерпретованому характеру, крос-платформенності та великій спільноті розробників, демонструє себе як ідеальний інструмент для створення таких систем. Переваги, що надає Python, включають швидке написання та налагодження коду, що критично важливо для систем безпеки, можливість легкого підключення та налаштування периферійних пристроїв, а також інтеграцію з інтернетом і мережевими можливостями.

Платформа ESP, зокрема ESP8266 та ESP32, відмінно поєднується з Python завдяки підтримці MicroPython, що дозволяє ефективно використовувати ресурси мікроконтролерів. Це забезпечує створення складних програм, які реагують на події в реальному часі, використовуючи знайомі та зручні конструкції мови Python. Система розпізнавання пожежі, описана в цьому розділі, є прикладом інтеграції сучасних технологій для забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Використання температурного датчика DS18B20, який точно вимірює температуру в реальному часі, дозволяє своєчасно виявляти загрозу пожежі та миттєво активувати пожежний режим, що включає мобільний робот для гасіння вогню.

Цей підхід демонструє потенціал інновацій у сенсорних технологіях, робототехніці та програмуванні, що можуть бути об'єднані для створення ефективних рішень, здатних протистояти викликам сучасного світу. Інтеграція температурного датчика, ESP модуля та мобільного робота не тільки забезпечує швидке реагування на пожежні ситуації, але й сприяє мінімізації можливих збитків, збереженню життя та здоров'я людей. Програмне забезпечення, яке було розроблене, і готове апаратне забезпечення свідчать про те, що запропоноване рішення може бути успішно впроваджене в реальних умовах, забезпечуючи надійний захист і своєчасне реагування на пожежі.

Таким чином, використання Python для розробки системи розпізнавання пожежі на базі ESP модуля є оптимальним вибором, що дозволяє створювати надійні, ефективні та інноваційні рішення у сфері безпеки та реагування на надзвичайні ситуації. Це підкреслює важливість поєднання сучасних технологій для забезпечення безпеки та комфорту у різних сферах життя.

ВИСНОВКИ

Мета дипломної роботи полягала в створенні комплексної апаратно-програмної системи для ефективного гасіння пожеж, що об'єднує в собі сучасні технології і рішення в області робототехніки. На початковому етапі роботи був проведений глибокий аналіз існуючих прототипів і вже впроваджених у роботу систем пожежогасіння. Це дало змогу зрозуміти поточні тенденції та обмеження існуючих рішень, що стало основою для визначення напрямку розробки нашого власного робота.

Було створено робота, оснащений усіма необхідними компонентами для автономного функціонування у надзвичайних ситуаціях. Паралельно з конструюванням робота, розроблялося програмне забезпечення, яке забезпечувало б повний контроль над його діями. Це включало алгоритми для аналізу даних з датчиків, прийняття рішень і виконання необхідних дій у реальному часі. У програмі Draw.io були побудовані докладні схеми та діаграми, які наочно демонстрували архітектуру робота та принципи його функціонування. Ці діаграми включали структуру підключення всіх компонентів, логічні блок-схеми алгоритмів роботи і взаємодії між апаратними та програмними складовими.

Окрім цього, для візуалізації і точнішого розуміння просторової конструкції робота, була побудована тривимірна модель у програмі 3ds MAX. Ця модель дозволила виявити і врахувати всі геометричні аспекти, що важливо для точного складання і подальшого тестування робота в реальних умовах. Детальний аналіз кожного компонента робота дозволив забезпечити оптимальну роботу всіх систем. Кожен сенсор, двигун і електронний модуль були детально описані: їх технічні характеристики, функціональні можливості та умови експлуатації.

Особливу увагу було приділено датчикам температури, які є критично важливими для виявлення пожежі. Було використано датчик температури DS18B20, що володіє високою точністю і надійністю. На базі цього датчика

була побудована система моніторингу температури, яка в режимі реального часу передавала дані до центрального модуля управління роботом. Для інтеграції датчика з іншими компонентами і забезпечення безперебійної роботи всієї системи, було написано програму на мові програмування Python. Ця програма забезпечувала зчитування даних з датчика температури, їх обробку і прийняття рішень про необхідність включення режиму тушіння пожеж.

Демонстрація роботи системи показала її здатність швидко і точно реагувати на зміни температури, що підтвердило ефективність обраних рішень. Робот, керований програмним забезпеченням, зміг самостійно виявити пожежну небезпеку і виконати необхідні дії для її ліквідації. Це включало активацію відповідних механізмів і систем для гасіння вогню, що суттєво підвищує безпеку і мінімізує ризики пошкоджень.

Узагальнюючи, дипломна робота стала комплексним дослідженням і реалізацією інтегрованої системи для гасіння пожеж. Було проведено всебічний аналіз існуючих рішень, розроблено власний робот і програмне забезпечення, створено детальні схеми і тривимірну модель, а також виконано всебічне тестування компонентів. Це дозволило створити ефективний і надійний комплекс для автоматичного виявлення і гасіння пожеж, що має значний потенціал для практичного застосування у різних сферах діяльності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Lattimer B. Y. Robotics in Firefighting. URL: <https://www.sfpe.org/publications/fpemagazine/fpeextra/etarchives3/fpeetissue100> (Last accessed: 10.05.2024).
2. Szondy D. Thermite fire-fighting robot removes firefighters from harm's way. URL: <https://newatlas.com/thermite-robot/24445/> (Last accessed: 09.05.2024).
3. Солоденко С. Приклад використання датчика температури DS18B20 з Raspberry Pi за допомогою Python. URL: <https://arduino.ua/art201-priklad-vikoristannya-datchika-temperatyri-ds18b20-z-raspberry-pi-za-dopomogou-python> (дата звернення: 09.05.2024).
4. Braxton J. L. Firefighting Robots Go Autonomous. URL: <https://www.scientificamerican.com/article/firefighting-robots-go-autonomous/> (Last accessed: 07.05.2024).
5. Muller J. Magirus Wolf R1 – a new approach to mission support. URL: <https://www.magirusgroup.com/de/en/products/special-vehicles/wolf-r1/> (Last accessed: 07.05.2024).
6. Зозуля К., Рибалка В. Тактичний робот для гасіння пожеж. URL: <https://suspilne.media/poltava/423621-takticnij-robot-dla-gasinna-pozez-de-jogo-zmozut-vikoristovuvati-ratuvalniki-poltavsini/> (дата звернення: 10.05.2024).
7. Cozzi P. Firefighting Robots: From Drones the Technology Enabling Aerial Mobility. URL: <https://tech4future.info/en/firefighting-robots/> (Last accessed: 10.05.2024).
8. Giuliani-Hoffman F. The first firefighting robot in America is here – and it has already helped fight a major fire in Los Angeles. URL: <https://edition.cnn.com/2020/10/21/business/first-firefighting-robot-in-america-lafd-trnd/index.html> (Last accessed: 06.05.2024).

9. Zhu E. The Working Principles and Applications of Firefighting Robots. URL: <https://www.gxsuprobot.com/The-Working-Principles-and-Applications-of-Firefighting-Robots-id63230707.html> (Last accessed: 08.05.2024).
10. Gruber C. The firefighting robot for all operations. URL: <https://www.rosenbauer.com/blog/en/the-firefighting-robot-for-all-operations/> (Last accessed: 11.05.2024).
11. Bachmaier C. THERMITE. URL: <https://www.howeandhowe.com/civil/thermite> (Last accessed 11.05.2024).
12. Hassanein A. An autonomous firefighting robot. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7251507> (Last accessed: 11.05.2024).
13. Hassan U. Autonomous Firefighting Robot With Optional Bluetooth Control. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8777640> (Last accessed: 08.05.2024).
14. Hiroshi I. Robovie: an interactive humanoid robot. URL: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/01439910110410051/full/html?utm_campaign=Emerald_Engineering_PPV_Dec22_RoN (Last accessed: 12.05.2024).
15. Saeedvand S. A comprehensive survey on humanoid robot development. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/knowledge-engineering-review/article/abs/comprehensive-survey-on-humanoid-robot-development/CC2428375A1F38DD94079125FD8A45B6> (Last accessed: 11.05.2024).
16. Jaber N. The Transformative Role of Firefighting Robots in Assisting Humanity. URL: <https://www.gxsuprobot.com/The-Transformative-Role-of-Firefighting-Robots-in-Assisting-Humanity-id62533027.html> (Last accessed: 10.05.2024).
17. Zhu E. Guoxing Intelligent Fire Fighting Robot Product Series: Explosion-proof Fire Fighting Reconnaissance Robot RXR-MC80BD. URL: <https://www.gxsuprobot.com/Guoxing-Intelligent-Fire-Fighting-Robot-Product->

Series-Explosion-proof-Fire-Fighting-Reconnaissance-Robot-RXR-MC80BD-id44645186.html (Last accessed: 11.05.2024).

18. Степура А. Рятувальники Донеччини отримали робота для гасіння складних пожеж. URL: <https://suspilne.media/donbas/655648-ratuvalniki-doneccini-otrimali-robot-dla-gasinna-skladnih-pozez/> (дата звернення: 10.05.2024).

19. Некрасов В. Гуманоїдні роботи та ШІ: як вони змінять наше майбутнє? URL: <https://nofluffjobs.com/uk/log/tehnologiji/humanoid-robots-and-ai/> (дата звернення: 09.05.2024).

20. Рибка Е. Спосіб гасіння пожежі мобільним роботом. URL: https://www.researchgate.net/publication/336374616_SPOSIB_GASINNA_POZE_ZI_MOBILNIM_ROBOTOM (дата звернення: 12.05.2024).

21. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 26.06.1991 № 1268-ХІІ. Дата оновлення : 25.02.1994. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1268-12> (дата звернення: 09.05.2024).

ДОДАТОК А

Довідка

про перевірку на унікальність пояснювальної записки

кваліфікаційної бакалаврської роботи на тему:
«Апаратно-програмний комплекс для гасіння пожеж
на базі чотириноного мобільного робота»

студента спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», 405 групи

Жуковського Дмитра Сергійовича
прізвище, ім'я, по-батькові

Перевірку тексту здійснено сервісом: онлайн-сервіс Unicheck

Результат перевірки тексту бакалаврської кваліфікаційної роботи:
схожість складає 0,12%.

UNICHECK
by Turnitin

User name: В'ячеслав Старченко
Check date: 14.06.2024 14:51:56 EEST
Report date: 14.06.2024 23:03:11 EEST

Check ID: 1016360591
Check type: Doc vs Internet + Library
User ID: 100000138

File name: check_Жуковський_ДС
Page count: 29 Word count: 6667 Character count: 50031 File size: 40.27 KB File ID: 1016165401

0.12% Matches
Highest match: 0.12% with Internet source (<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/8540/1/ZBIRNYK%20%2d%20%86%2d>)

0.12% Internet sources 2

No Library sources found

0% Quotes
Exclusion of quotes is off
Exclusion of references is off

0% Exclusions
No exclusions

Здобувач: Д.С. Жуковський

Керівник: В.В Старченко

канд. техн. наук, доцент

ПІБ
підпис ініціали, прізвище

ПІБ
підпис ініціали, прізвище

Дата: «__» _____ 2024 р.