

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	АКТ
Кафедра	КІТАР
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Тип програми	Освітньо-професійна
Освітня програма	Комп'ютеризовані та робототехнічні системи (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«___» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві _____ Бобровському Євгенію Максимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка наземного робота для виконання розвідувальних дій під час ліквідації надзвичайних ситуацій

Затверджена наказом по університету від 25.11.2024 №1239 Ст.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 28.01.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи 3.1 Плата Arduino Mega 2560; 3.2 Напруга живлення 24 В постійного струму, 220 В змінного струму; 3.3 Вимоги до конструкції: розміри – не більше 250 мм × 300 мм × 200 мм, вага – не більше 2 кг.; 3.4 Умови експлуатації: температурний діапазон – від -50 °С до +80 °С.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі 4.1 Вступ; 4.2 Аналіз предметної області, галузі використання розробки; 4.3 Аналіз аналогів; 4.4 Вибір засобів для забезпечення роботи програмного модуля; 4.5 Вибір рушійного модуля, вибір електронних компонентів; 4.6 Вибір платформи, вибір середовища розробки; 4.7 Розробка програмного модуля управління; 4.8 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях; 4.9 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Графічний матеріал у вигляді презентації (10–15 аркушів формату А4).

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання та аналіз завдання	09.09.2024	Виконано
2	Математичний опис детермінованих плавно та різко змінних нерівностей дорожнього полотна	23.09.2024	Виконано
3	Вибір засобів реалізації робота-розвідника	07.10.2024	Виконано
4	Розробка програмного модуля	14.10.2024	Виконано
5	Експериментальне дослідження системи	11.11.2024	Виконано
6	Підготовка публікацій	18.11.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	28.12.2024	
8	Подання кваліфікаційної роботи керівнику	31.12.2024	Виконано
10	Підготовка презентації	03.01.2025	Виконано
11	Подання роботи для перевірки на плагіат	06.01.2025	Виконано
12	Подання роботи на рецензування	13.01.2025	Виконано
13	Попередній захист	20.01.2025	Виконано
14	Подання роботи до екзаменаційної комісії	27.01.2025	Виконано

Дата видачі завдання 2 вересня 2024 р.

Здобувач



(підпис)

Керівник роботи

проф. Безкоровайний В. В.

(підпис)

(посада, прізвище, ініціали)

Я, як здобувач ХНУРЕ, розумію та підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав та не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дата 21.01.2025

Підпис



ПІБ Бобровський Є. М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 84 с., 1 табл., 29 рис., 1 дод., 24 джерела.

КЕРУВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ, МОДУЛЬ
КЕРУВАННЯ, РОБОТ-РОЗВІДНИК, РУШІЙНИЙ МОДУЛЬ.

Об’єкт дослідження – процес виконання розвідувальних операцій роботом-розвідником.

Предмет дослідження – наземний робот для виконання розвідувальних дій.

Мета роботи – розробка мобільного робота-розвідника для забезпечення безпечного виконання розвідувальних операцій завдяки використанню дистанційного керування.

Методи дослідження – методи проєктування систем, теорія автоматичного управління, програмування мікроконтролерів.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз вимог до робота-розвідника, його конструкції, умов експлуатації й аналіз сучасних аналогів. На цій основі для реалізації макету розроблено математичний опис детермінованих плавно та різко змінних нерівностей дорожнього полотна, проведено вибір матеріалу для реалізації корпусу, приводу рушійного модуля й електронних компонентів для забезпечення руху, керування роботом і збору інформації щодо стану навколишнього середовища, розроблено програмний модуль для керування роботом.

Отримані результати роботи можна віднести до пункту 9.4 Цілей сталого розвитку 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура».

ABSTRACT

Explanatory note: 84 p., 1 tabl., 29 pic., 1 applications, 24 sources.

CONTROL, STRUCTURE MODELING, CONTROL MODULE,
EXPLORATION ROBOT, DRIVE MODULE.

The object of the study is the process of performing reconnaissance operations by a reconnaissance robot.

The subject of the study is a ground robot for performing reconnaissance actions.

The purpose of the work is to develop a mobile reconnaissance robot to ensure the safe performance of reconnaissance operations through the use of remote control.

Research methods are systems design methods, automatic control theory, microcontroller programming.

The qualification work analyzes the requirements for the reconnaissance robot, its design, operating conditions, and analyzes modern analogues. On this basis, a mathematical description of the deterministic smoothly and sharply changing road surface irregularities was developed for the implementation of the model, the material for the implementation of the body, the drive of the propulsion module, and electronic components for ensuring movement, controlling the robot, and collecting information about the state of the environment was selected, and a software module for controlling the robot was developed.

The results of the work can be attributed to paragraph 9.4 of Sustainable Development Goals 9 “Industry, Innovation, and Infrastructure”.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	9
Вступ.....	10
1 Аналіз предметної області	12
1.1 Аналіз технічного завдання.....	12
1.2 Огляд конструкцій робота-розвідника	13
1.3 Актуальність розробки роботів-розвідників.....	14
1.4 Аналіз галузі застосування роботів-розвідників	15
1.4.1 Пошук і рятування.....	15
1.4.2 Військове застосування.....	16
1.4.3 Індустріальні дослідження	17
1.4.4 Медицина	18
1.4.5 Дослідницькі проєкти.....	19
1.5 Аналіз параметрів робота-розвідника	20
1.5.1 Розмір і вага	20
1.5.2 Маневреність і рухомість	21
1.5.3 Автономність	22
1.6 Складові елементи робота-розвідника	23
1.6.1 Рушійний модуль.....	23
1.6.2 Електроніка та керування.....	24
1.6.3 Приводна система.....	25
1.6.4 Енергопостачання	26
1.7 Аналіз аналогічних роботів-розвідників	27
1.7.1 Recon Scout.....	27
1.7.2 TALON компанії Foster-Miller	29

1.7.3 DOGO Robot.....	31
1.7.4 HDMS 551s1 компанії Resquared	32
1.7.5 Сферичний робот корпорації GuardBot Inc.	34
1.7.6 Eye Drive компанії ODF Optronics	36
1.8 Проблеми та перспективи розвитку	37
1.9 Математичний опис детермінованих плавно та різко змінних нерівностей дорожнього полотна.....	39
1.10 Висновки до першого розділу.....	42
2 Вибір засобів реалізації робота-розвідника	43
2.1 Вибір матеріалу для корпусу робота-розвідника.....	43
2.1.1 Переваги обраного матеріалу.....	43
2.1.2 Недоліки обраного матеріалу.....	43
2.2 Вибір рушійного модуля.....	44
2.3 Вибір ПЗ для програмування керування роботом-розвідником	45
2.3.1 ПЗ для 3D-моделювання	45
2.3.2 Кодування робота-розвідника.....	48
2.4 Вибір електронних компонентів.....	49
2.5 Висновки до другого розділу.....	60
3 Розробка робота-розвідника	62
3.1 Розробка структурної схеми системи керування	62
3.2 Розробка програмного коду для керування роботом-розвідником	63
3.3 Висновки до третього розділу	74
4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях	75
4.1 Аналіз потенційних небезпек	75
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки під час розробки.....	77
4.3 Висновки до четвертого розділу.....	78

Висновки.....	79
Перелік джерел посилання	81
Додаток А Лістинг коду програми	85
Додаток Б Демонстраційний графічний матеріал	93

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПЗ – програмне забезпечення;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція;

FPV – First Person View;

IDE – Integrated Development Environment.

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого технологічного розвитку та зростаючої потреби у забезпеченні безпеки та розвідки, розробка автономних наземних роботів викликає особливий інтерес. Ці роботи виконують важливі розвідувальні операції та надають цінну інформацію для прийняття важливих рішень. Важливість досліджень з розробки наземних роботів для розвідувальних цілей має особливе значення як в Україні, так і за кордоном.

У складному геополітичному середовищі Україна потребує ефективних засобів розвідки для забезпечення національної безпеки та виявлення загроз. Розвиток новітніх технологій та інноваційних рішень у галузі робототехніки відкриває нові можливості для вдосконалення розвідувальних операцій. Наземні роботи з передовими компонентами та можливостями забезпечують швидкий та безпечний доступ до інформації з небезпечних або важкодоступних місць.

Важливість таких роботів полягає в їх здатності працювати в режимі реального часу, швидко передавати зібрані дані та забезпечувати точність і об'єктивність отриманої інформації. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення на основі достовірних даних і сприяє підвищенню ефективності реагування на надзвичайні ситуації.

Об'єкт дослідження – процес виконання розвідувальних операцій роботом-розвідником.

Предмет дослідження – наземний робот для виконання розвідувальних дій.

Мета роботи – розробка мобільного робота-розвідника для забезпечення безпечного виконання розвідувальних операцій завдяки використанню дистанційного керування.

Для досягнення цієї мети потрібно виконати такі завдання:

- здійснити теоретичний аналіз сучасного стану технологій створення роботів-розвідників, включаючи дослідження існуючих моделей та їх функціональних можливостей, а також оцінити доцільність впровадження подібних розробок;
- обрати необхідні засоби для розробки програмного модуля, зокрема додаткових компонентів;
- створити алгоритми та програмне забезпечення для автономної роботи робота, включаючи системи навігації, обробки даних, прийняття рішень і комунікації з оператором.

Результати цієї кваліфікаційної роботи матимуть велике значення для розвитку автономних розвідувальних систем як в Україні, так і в інших країнах. Забезпечення ефективної та безпечної розвідки є ключовим фактором для досягнення стратегічних цілей та забезпечення національної безпеки.

Кваліфікаційна робота оформлена згідно вимог ДСТУ 3008 2015 [1], включаючи рекомендації з підготовки і оформлення кваліфікаційної роботи для бакалаврського рівня вищої освіти [2-3].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз технічного завдання

Розвідувальні роботи повинні бути здатні ефективно пересуватися різними типами поверхонь, включаючи нерівні поверхні, рельєф і перешкоди, які можуть виникнути під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Вони також повинні бути стійкими до зовнішніх факторів, таких як вітер, вода, пил, вихлопні гази і вібрація, які можуть виникнути під час надзвичайної ситуації.

Крім того, розвідувальні роботи повинні мати оптимальну вагу і компактні розміри, щоб вони могли легко маневрувати в обмеженому просторі і проникати у важкодоступні місця. Робот повинен бути оснащений необхідними датчиками, такими як відеокамери, тепловізори, датчики руху і геолокаційні датчики, щоб надавати точну і повну інформацію про навколишнє середовище.

Роботи-розвідники повинні бути здатні працювати в різних кліматичних умовах, включаючи екстремальні температури, вологість і опади. Вони також повинні бути захищені від впливу небезпечних речовин, таких як хімікати, токсичні гази і радіація, які можуть виникнути в надзвичайних ситуаціях.

Роботи повинні відповідати стандартам безпеки і не становити загрози для людей, тварин і навколишнього середовища.

Нарешті, роботи повинні мати достатній радіус дії і можливість підзаряджатися під час роботи, щоб мати змогу виконувати розвідувальні місії за межами бази або оперативного центру.

1.2 Огляд конструкцій робота-розвідника

За останні роки відбувся значний технологічний прорив у розробці наземних розвідувальних роботів, який торкнувся різних сфер діяльності, включаючи військове застосування, рятувальні операції та наукові дослідження.

Сучасні роботи-розвідники працюють автономно і здатні приймати рішення на основі вбудованих алгоритмів, штучного інтелекту і машинного навчання. Вони можуть аналізувати дані, приймати рішення і виконувати завдання без постійного контролю оператора.

Наземні розвідувальні роботи стають все більш маневреними та адаптивними. Роботи-розвідники оснащуються системами мобільності, такими як гусениці, колеса і ноги, які дозволяють їм долати перешкоди, пересуватися різними типами місцевості і виконувати завдання в різних умовах.

Роботи-розвідники оснащені різноманітними датчиками, зокрема камерами, лазерними далекомірами, інфрачервоними камерами та датчиками вібрації. Ці датчики збирають різноманітну інформацію про навколишнє середовище, а потужні алгоритми обробки даних аналізують цю інформацію і приймають рішення.

Штучний інтелект використовується для посилення інтелектуальних можливостей робота. Він дозволяє роботам аналізувати складні дані, розпізнавати об'єкти, розуміти контекст і приймати рішення на основі навчання на власному досвіді.

Сучасні роботи-розвідники можуть виконувати різноманітні завдання, включаючи збір розвідувальної інформації, пошук і порятунок, спостереження, картографування та зв'язок. Роботи-розвідники можуть бути оснащені спеціалізованим обладнанням, таким як рухомі камери, мікрофони і пристрої

зв'язку, що підвищує їхні можливості і ефективність при виконанні поставлених завдань.

Роботи-розвідники можуть спілкуватися з іншими роботами і операторами через бездротові мережі для передачі даних, отримання команд і координації дій. Розвиток наземних розвідувальних роботів підвищив потенціал та ефективність роботів, які виконують розвідувальні завдання в різних сферах. Важливо відзначити, що цей розвиток постійно прогресує, і наземні розвідувальні роботи постійно доповнюються новими технологіями та можливостями.

1.3 Актуальність розробки роботів-розвідників

Сьогодні роботи відіграють вирішальну роль у розвідувальних операціях. Дедалі складніші глобальні виклики, такі як тероризм, збройні конфлікти, стихійні лиха та гуманітарні кризи, загрожують безпеці та життю людей.

Розроблений наземний робот має великий потенціал для покращення розвідувальних операцій, збору інформації та швидкого реагування на надзвичайні ситуації. Він може проникати у небезпечні та важкодоступні райони і надавати точну і достовірну інформацію для прийняття стратегічних рішень. Використання наземного робота для розвідувальних операцій може зменшити ризики для життя людей, підвищити ефективність роботи рятувальних служб та уможливити швидке реагування на кризові ситуації. Такий робот є цінним інструментом забезпечення безпеки та захисту національних інтересів у сучасному світі.

Рятувальні операції пов'язані з важкою працею та небезпечними завданнями. Необхідність використання індивідуальних засобів газо- і теплозахисту та терміновість виконання завдань ще більше ускладнюють роботу рятувальних бригад. Заходи захисту від термічних агентів обмежені

температурою навколишнього середовища від 60°C до 160°C і часом впливу 45-120 хвилин, які скорочуються при інтенсивних операціях. Тому рятувальні операції повинні підтримуватися високоефективним спеціалізованим обладнанням. У цьому випадку використання роботів і маніпуляторів є доречним і необхідним рішенням.

1.4 Аналіз галузі застосування роботів-розвідників

Аналіз галузі застосування об'єкта кваліфікаційної роботи розкриває широкий спектр можливостей і цілей його використання. Основні галузі використання робота-розвідника такі.

1.4.1 Пошук і рятування

Цей наземний робот може використовуватися для пошуково-рятувальних операцій у небезпечних умовах, таких як стихійні лиха, землетруси та обвали. Вони можуть проникати у важкодоступні місця, знаходити людей в завалених будівлях, надавати першу медичну допомогу і сприяти евакуації.

Пошук і порятунок – одна з найважливіших сфер застосування наземних роботів, розроблених для розвідувальних операцій. Він включає в себе дії, спрямовані на пошук і допомогу людям, які перебувають у небезпеці, особливо в ситуаціях, коли доступ людей обмежений або вкрай небезпечний.

Наземні роботи можуть бути корисними в таких ситуаціях.

Роботи можуть потрапляти у важкодоступні райони, де люди опинилися під завалами після стихійних лих, таких як землетруси чи зсуви. Оснащений датчиками, які виявляють теплові сигнали, звукові сигнали і рухи, робот може допомогти ідентифікувати жертв і повідомити про їхнє місцезнаходження рятувальним командам.

Наземні роботи можуть бути оснащені обладнанням для надання першої допомоги, таким як апарати штучної вентиляції легенів, дефібрилятори та аптечки. Вони можуть доставити необхідні медикаменти та інструменти на місце надзвичайної ситуації і захистити життя і здоров'я потерпілих до прибуття парамедиків.

Роботів можна використовувати для безпечної евакуації людей з небезпечних місць. Вони можуть мати механізми, які можуть піднімати, перетягувати і переносити жертв у важкодоступних місцях. Робот може виступати в ролі комунікаційної ланки між постраждалою людиною і рятувальною службою.

Він може мати на борту обладнання для передачі голосу, відео і даних, щоб допомогти менеджерам з надзвичайних ситуацій отримувати актуальну інформацію і спілкуватися з постраждалими.

Розроблені наземні пошуково-рятувальні роботи мають потенціал значно підвищити швидкість та ефективність рятувальних операцій, зменшити ризик для рятувальників та врятувати більше життів у небезпечних ситуаціях.

1.4.2 Військове застосування

Військове використання розвідувальних роботів має великий потенціал у зборі розвідувальної інформації з поля бою.

Роботи можуть проникати на територію противника і проводити детальну розвідку. Завдяки своїй маневреності та стійкості вони можуть проникати у важкодоступні місця і вести спостереження за позиціями противника. Він може фіксувати пересування ворожих сил, збирати інформацію про тип і кількість ворожої техніки та виявляти загрози.

Робот оснащений передавачем, який може передавати зібрану розвідувальну інформацію в командний центр та інші військові підрозділи в

режимі реального часу. Це дозволяє їм швидко оцінювати ситуацію на полі бою та приймати відповідні рішення.

Роботи можуть бути оснащені різноманітними датчиками, зокрема камерами, тепловими сенсорами та радарми. Ці датчики дозволяють роботам виявляти такі загрози, як ворожі снайпери, міни та приховані вибухові пристрої. Інформація про такі загрози може бути надіслана до військових частин, щоб вжити відповідних заходів безпеки.

Розвіддані, зібрані роботами, використовуються командним центром для прийняття рішень. Вони об'єктивно оцінюють ситуацію на полі бою і допомагають планувати оперативні дії та стратегії, забезпечуючи безпеку та ефективність операцій.

Роботи-розвідники відіграють вирішальну роль у військових операціях, сприяючи збору життєво важливої інформації та покращуючи процес прийняття рішень. Маневреність, стійкість і здатність працювати в складних умовах роблять їх незамінним ресурсом на полі бою.

1.4.3 Індустріальні дослідження

Промислові дослідження – ще одна важлива сфера застосування роботів-розвідників.

Роботи можуть досліджувати і перевіряти складні конструкції, такі як мости, будівлі, трубопроводи і нафтовидобувні платформи. Роботи можуть проникати у важкодоступні місця, де існує високий ризик для людей, і детально оцінювати стан конструкції.

Завдяки різноманітним датчикам роботи можуть виявляти дефекти, тріщини, розриви та інші несправності в конструкціях та обладнанні. Це дозволяє запобігати потенційним аваріям і розробляти ефективні стратегії технічного обслуговування та ремонту.

Використання роботів може запобігти ризикам для життя і здоров'я персоналу, який виконує інспекційні роботи в небезпечних умовах. Роботи можуть потрапляти в середовища з високими температурами, радіацією, токсичними речовинами та іншими небезпеками.

Використання роботів у промислових дослідженнях може скоротити час і вартість виконання складних інспекційних завдань. Роботи можуть виконувати завдання безперервно і ефективно, таким чином зменшуючи витрати на робочу силу і ризик затримок у роботі.

Загалом, роботи для промислових досліджень можуть допомогти підвищити безпеку, точність і ефективність процесів інспекції та технічного обслуговування на критично важливих промислових об'єктах.

1.4.4 Медицина

Роботи можуть використовуватися для транспортування важкого обладнання, що використовується для медичних процедур, або для доставки ліків пацієнтам. Це особливо корисно у важкодоступних або небезпечних місцях, де людям важко переносити ці матеріали.

Роботи можуть використовуватися для підтримки медичного персоналу в складних ситуаціях, особливо у важкодоступних або небезпечних місцях. Вони можуть зменшити фізичні зусилля і ризики для медичного персоналу, переносячи необхідне обладнання та інструменти і допомагаючи у виконанні процедур.

Роботи можуть надавати допомогу пораненим у важкодоступних місцях. Вони можуть переносити пораненого, надавати першу допомогу, наприклад, накладати тампони або стабілізувати переломи, а також передавати життєво важливі дані медичному працівнику.

Робот може бути оснащений телекомунікаційною системою, що дозволяє медичному працівнику спілкуватися з віддаленим лікарем. Це особливо корисно

в ситуаціях, коли експертна консультація або діагностика знаходяться далеко від місця події, але необхідно терміново прийняти рішення про лікування.

Роботи можуть використовуватися в мобільних оперативних підрозділах, які можуть бути розгорнуті в зонах надзвичайних ситуацій або стихійних лих. Вони можуть надавати медичну допомогу в польових умовах і бути оснащені необхідним обладнанням та інструментами для виконання широкого спектру медичних процедур.

Використання роботів в охороні здоров'я значно підвищує компетентність медичного персоналу і забезпечує безпеку, ефективність і точність медичних процедур.

1.4.5 Дослідницькі проєкти

Роботи є незамінними інструментами для наукових досліджень у різних галузях, таких як геологія, біологія та археологія.

Вони відкривають нові можливості для дослідників, дозволяючи досліджувати важкодоступні ділянки та збирати зразки для подальших аналізів. Роботів можна використовувати для вивчення пластів і властивостей ґрунту.

Вони можуть збирати зразки ґрунту, гірських порід і мінералів та вимірювати параметри навколишнього середовища, такі як температура, вологість і тиск. Це дозволяє вченим робити висновки про геологічні процеси та вивчати природні ресурси.

Роботів також можна використовувати для вивчення біологічних систем і дикої природи. Зразки ґрунту, води, рослин чи організмів можуть бути взяті для подальшого аналізу.

Такі роботи можуть допомогти вивчати біорізноманіття, встановлювати екологічні показники, досліджувати вплив людської діяльності на навколишнє середовище та сприяти збереженню природи.

Роботи також можуть бути використані для дослідження важкодоступних або небезпечних ділянок в археологічних дослідженнях. Вони можуть допомагати в геофізичних дослідженнях для виявлення археологічних об'єктів, пошуку артефактів і виявлення споруд та розкопок. Це може розширити знання про минулі цивілізації і культури.

Використання роботів у дослідницьких проектах дозволяє проводити дослідження в умовах, які раніше були неможливими для людини. Вони забезпечують точність, надійність і безпеку при відборі зразків і вимірюванні, дозволяючи дослідникам отримувати більш об'єктивні і всебічні дані для наукових досліджень.

1.5 Аналіз параметрів робота-розвідника

Робот-розвідник малих габаритів має свої основні параметри, які визначають його ефективність і можливості [4].

1.5.1 Розмір і вага

Розробка невеликих, легких розвідувальних роботів є важливим фактором забезпечення їхньої ефективності та функціональності. Розвідувальні роботи повинні бути достатньо великими, щоб проникати в обмежені простори, такі як підвали, тунелі та покинуті будівлі.

Компактна конструкція дозволяє йому легко входити у вузькі проходи і уникати перешкод, що робить його ефективним інструментом для розвідки у важкодоступних місцях.

Невелика вага робота-розвідника дуже важлива для портативності та легкості пересування.

Невелика вага робота дозволяє операторам легко переносити його до цілі, переміщати його безпосередньо і швидко розгортати. Це особливо корисно у важкодоступних місцях, де традиційний доступ людини обмежений або небезпечний.

1.5.2 Маневреність і рухомість

Розробка роботів-розвідників, здатних швидко і точно пересуватися, долати перешкоди і адаптуватися до різних типів місцевості, є важливим аспектом ефективності та успіху в розвідувальних місіях.

Роботи-розвідники повинні бути достатньо швидкими, щоб швидко пересуватися місцевістю і збирати необхідну інформацію. Висока швидкість дозволяє їм швидко проникати на територію противника, виконувати розвідувальні місії і швидко повертатися до пунктів базування. Це особливо важливо у військових операціях, де швидкість реакції та збору розвідувальної інформації має вирішальне значення.

Роботи повинні бути здатні долати різні перешкоди, такі як дороги, археологічні розкопки, водні перешкоди та пересічену місцевість. Цього можна досягти завдяки використанню різних механізмів, таких як рушійні системи, такі як гусениці, колеса і ноги, які дозволяють роботу легко долати перешкоди і продовжувати безперешкодно рухатися. Це дозволяє роботам проникати і досліджувати важкодоступні місця, де люди обмежені або перебувають під загрозою.

Роботи повинні бути здатні адаптуватися до різних типів місцевості, таких як гірські, лісисті, міські та пустельні райони. Для цього потрібні потужні сенсорні системи, які дозволяють роботам орієнтуватися в навколишньому середовищі, і відповідні навігаційні системи, що дозволяють їм планувати найкращі маршрути і уникати небезпек.

Роботи-розвідники можуть бути оснащені такими датчиками, як системи візуального спостереження, тепловізори і лазерні датчики дальності, щоб адаптуватися до різних умов місцевості.

1.5.3 Автономність

Роботи-розвідники з автономними системами керування – це важливий елемент технології, який дозволяє їм приймати рішення і виконувати завдання без безпосереднього втручання оператора.

Розвідувальні роботи можуть бути оснащені датчиками для розпізнавання навколишнього середовища. До них відносяться відеокамери, тепловізори, радары, лазерні дальноміри та інші датчики. Зібрані дані передаються до системи обробки та аналізу, яка дозволяє роботу розпізнавати об'єкти і перешкоди, визначати маршрути і приймати рішення на основі цієї інформації.

Автономна система керування дозволяє роботу прокладати найкращий маршрут для виконання завдання з розвідки. Він може аналізувати навколишнє середовище, враховувати обмеження та перешкоди і самостійно обирати найкоротший, найбезпечніший та найефективніший маршрут. Це включає планування об'єктивів, об'їзд перешкод, зміну маршруту в реальному часі та реагування на зміни в навколишньому середовищі.

Вбудовані алгоритми та системи штучного інтелекту дозволяють роботам-розвідникам аналізувати зібрану інформацію, оцінювати ситуацію та приймати рішення. Вони здатні розпізнавати небезпеку, визначати потенційно цікаві об'єкти та небезпечні зони для подальшого дослідження. Це дозволяє роботу діяти самостійно і реагувати на мінливі ситуації без постійного втручання людини.

Роботи-розвідники можуть бути оснащені засобами зв'язку, які дозволяють їм взаємодіяти з операторами та іншими системами. Для цього можуть використовуватися бездротові мережі, супутниковий зв'язок або інші форми

передачі даних. Це дозволяє оператору отримувати звіти про стан робота, контролювати його поведінку і віддавати додаткові команди.

1.6 Складові елементи робота-розвідника

1.6.1 Рушійний модуль

Рушійний модуль – важливий компонент розвідувального робота, який визначає його форму, рух і здатність долати різні типи місцевості.

Сучасні роботи-розвідники можуть мати різні види приводних систем.

Вони роботи можуть бути оснащені гусеничною системою, що складається з гумових або металевих гусениць, прикріплених до шасі. Гусенична система забезпечує роботу високу стійкість і маневреність на пересіченій або складній місцевості. Це дозволяє роботу легко долати такі перешкоди, як високе каміння, бруд, сніг і пісок. Гусеничний рух також дозволяє роботу зберігати стійку позицію або розвертатися на місці, що корисно при маневруванні в обмеженому просторі або навколо об'єктів.

Роботи-розвідники можуть мати колісні платформи, що складаються з коліс різного діаметру та кількості. Колісна система дозволяє роботу швидко і ефективно пересуватися на рівних і вигнутих поверхнях. Це дозволяє роботу рухатися на високих швидкостях і легко знаходити свій шлях. Колеса також оснащені системами амортизації і гумовими покриттями для поліпшення зчеплення і зменшення впливу вібрацій на обладнання і датчики робота.

Деякі розвідувальні роботи поєднують гусеничну систему з колісною системою. Це поєднує переваги обох типів пересування і дозволяє більш універсальне використання. Наприклад, робот може мати гусеничну систему для подолання рельєфу або важкодоступних ділянок і колісну систему для пересування на високій швидкості відкритою місцевістю або автомагістралями.

Це ще один тип силового модуля, який можна використовувати для невеликих роботів-розвідників. Крокуючі роботи, також відомі як людиноподібні роботи або роботи з подвійною підтримкою, моделюють рухи людини і мають дві або більше кінцівок для пересування. Крокуючі системи використовують крокоподібний рух, в якому кожна кінцівка робота рухається послідовно, надаючи роботу стійкість і здатність пересуватися по пересіченій місцевості та перешкодам. Такий тип руху дозволяє роботам-розвідникам безпечно і ефективно пересуватися в умовах, де інші рушійні системи менш ефективні або непридатні.

Основні переваги силового модуля полягають у тому, що він швидкий, точний і маневрений, здатний долати перешкоди та адаптуватися до різних типів місцевості. Це дозволяє розвідувальному роботу ефективно працювати у ворожому або суворому середовищі, забезпечуючи оптимальну прохідність і стійкість під час розвідувальних місій.

1.6.2 Електроніка та керування

Електроніка, вбудована в дослідницьких роботів, відіграє важливу роль у їхньому функціонуванні та взаємодії з навколишнім середовищем. Мікроконтролери і процесори відповідають за управління всіма аспектами роботи, включаючи рух, спостереження, збір і обробку даних.

Мікроконтролер керує модулем приводу, розраховуючи траєкторію руху і контролюючи стан двигунів, сервоприводів та інших моторних приводів. Він також відповідає за надання інформації про навколишнє середовище та стан робота, взаємодіючи з бортовими датчиками.

Процесор забезпечує потужну обчислювальну потужність для більш складних завдань, таких як обробка зображень і алгоритмів штучного інтелекту. Процесори аналізують отримані дані і приймають рішення на основі попередньо визначених алгоритмів або навчених моделей.

Датчики відіграють важливу роль у зборі інформації з навколишнього середовища. Прикладами є візуальні камери, теплові датчики, лазерні сканери, акселерометри та інші. Ці датчики дозволяють взаємодіяти з навколишнім середовищем, збираючи дані про перешкоди, вимірюючи відстані, відстежуючи рух об'єктів і виявляючи специфічні особливості навколишнього середовища.

Електроніка також включає системи зв'язку, які дозволяють роботам-розвідникам обмінюватися даними з іншим обладнанням та командними центрами. Це бездротова передача даних, така як Wi-Fi, Bluetooth та радіозв'язок.

Всі ці електронні компоненти взаємодіють між собою, утворюючи інтегровану систему, яка дозволяє розвідувальному роботу розпізнавати навколишнє середовище, виконувати розвідувальні завдання і передавати необхідну інформацію для подальшого аналізу і використання.

1.6.3 Приводна система

Приводні системи дозволяють роботам рухатися і маневрувати в різних середовищах. Система включає в себе різні компоненти, такі як двигуни, первинні двигуни, редуктори та механізми передачі, які працюють разом, щоб приводити в рух колеса і гусениці робота.

Двигуни та мотори є джерелом механічної енергії, яка перетворюється на рух. Вони можуть бути електричними, гідравлічними або пневматичними, залежно від конструкції робота і вимог. Електричні двигуни, такі як електродвигуни та крокові двигуни, широко використовуються в робототехніці, оскільки вони забезпечують високу точність і контроль руху. Гідравлічні або пневматичні двигуни використовуються у більших і важчих роботах, оскільки вони забезпечують більшу потужність і стабільність.

Редуктори та механізми передачі використовуються для зміни швидкості, крутного моменту та напрямку руху. Редуктор зменшує швидкість двигуна, але

збільшує крутний момент, що дозволяє роботу долати складні перешкоди і пересуватися по пересіченій місцевості. Трансмісійний механізм передає рух від двигуна до коліс або гусениць, забезпечуючи необхідну передачу потужності і ефективність приводу.

Колеса або гусениці, що приводяться в рух системою приводу, дозволяють роботу контактувати з дорожнім покриттям і пересуватися по землі. Колеса забезпечують швидкість, маневреність і плавність руху по рівній поверхні, в той час як гусениці забезпечують кращу стійкість, зчеплення і здатність долати нерівності і важкодоступні місця.

Зв'язок між системою приводу та електронікою робота дозволяє йому контролювати свої рухи, змінювати швидкість і напрямок, маневрувати та адаптуватися до зовнішніх умов. Це дозволяє роботам-розвідникам ефективно діяти в різних умовах і виконувати цілий ряд завдань, пов'язаних з розвідкою та дослідженням.

1.6.4 Енергопостачання

Джерело живлення є важливим компонентом дослідницького робота, оскільки воно забезпечує енергією всі електронні компоненти, приводні модулі та інші системи робота. Вибір конкретного джерела живлення залежить від вимог до часу місії, розміру робота, специфічних потреб системи та інших факторів.

Батареї є одним з найпоширеніших джерел живлення для дослідницьких роботів. На додаток до компактності і портативності робота, батареї забезпечують широкий діапазон напруги і потужності, які можна використовувати в різних системах. Батареї можуть бути літій-іонними, нікель-металогідридними або іншими, залежно від потреб і вимог конкретного робота.

Акумулятори також широко використовуються для живлення роботів-розвідників. Батареї перезаряджаються і можуть працювати протягом тривалого

часу під час місії. Батареї можуть бути літій-іонними, свинцево-кислотними, нікель-кадмієвими або іншими, залежно від потреб і вимог робота.

Деякі дослідницькі роботи оснащені генераторами, які виробляють електроенергію з різних джерел, включаючи паливо, сонячну енергію і гідравліку. Це корисно для тривалих місій або коли доступ до додаткових джерел живлення обмежений.

Важливим аспектом джерела живлення є його продуктивність і час автономної роботи. Розробники розвідувальних роботів прагнуть до оптимального використання енергії, мінімізуючи втрати та ефективно керуючи енергетичними ресурсами робота. Для тривалих місій використання енергоефективних електронних компонентів, енергоефективних систем і методів оптимізації роботів може забезпечити максимальний час безвідмовної роботи при обмежених енергетичних ресурсах.

1.7 Аналіз аналогічних роботів-розвідників

1.7.1 Recon Scout

Робот-розвідник Recon Scout є одним з визнаних роботів у галузі розвідувальних операцій (рис. 1.1). Він виробляється компанією ReconRobotics і має низку унікальних можливостей, які дозволяють йому ефективно виконувати розвідувальні завдання [5]. Розглянемо основні можливості та структуру Recon Scout.

Компактна і легка конструкція Recon Scout дозволяє йому проникати у вузькі місця, на сходи, під час руйнувань та в інші важкодоступні місця.

Робот Scout може працювати в безпілотному режимі, що дозволяє оператору дистанційно керувати його рухами та діями. Це особливо корисно в небезпечних або ворожих умовах, де присутність людини може бути небезпечною.

Recon Scout оснащений різноманітними датчиками, в тому числі відеокамерою і тепловими сенсорами. Відеокамера передає оператору зображення в реальному часі з зони розвідки, надаючи критично важливу інформацію про навколишнє середовище. Тепловізійні датчики виявляють теплові сигнали від людського тіла та обладнання, допомагаючи виявляти потенційні загрози та знаходити жертв.



Рисунок 1.1 – Recon Scout та пульт керування

Recon Scout має зручний розмір і може легко переноситися оператором. Тому його можна ефективно використовувати в ситуаціях розгортання або під час швидкого переміщення.

Робот Recon Scout має вбудовану літій-іонну батарею, яка працює тривалий час без підзарядки. Таким чином, він може довше перебувати в робочому положенні і виконувати розвідувальні місії.

Конструкція Recon Scout включає в себе основне шасі з колесами та гусеницями для мобільності, корпус для захисту електронних компонентів та камер, а також антени для передачі сигналу та управління. Керування роботом здійснюється за допомогою пульта дистанційного керування або спеціальної системи команд.

Recon Scout є потужним інструментом для проведення розвідувальних операцій, надаючи оператору критично важливу інформацію та зменшуючи ризик потрапляння на небезпечні або ворожі території (рис. 1.2).

Його можливості та компактний дизайн роблять його цінним активом у сучасних розвідувальних операціях.



Рисунок 1.2 – Recon Scout під час тренувань

1.7.2 TALON компанії Foster-Miller

Розвідувальний робот TALON виробництва компанії Foster Miller (зараз входить до складу QinetiQ) є одним з найуспішніших роботів у секторі розвідки

та безпеки. Його широкий спектр можливостей і досконала структура дозволяє йому ефективно виконувати різні розвідувальні завдання.

Розглянемо основні можливості та структуру робота TALON [6].

Оснащений гусеницями або колесами, TALON є дуже маневреним і може пересуватися по різних поверхнях, в тому числі по пересіченій місцевості, снігу, піску і сміттю. Таким чином, він може легко долати перешкоди і заїжджати у важкодоступні місця.

Робот може працювати в режимі телеуправління, що дозволяє оператору дистанційно керувати рухами і діями робота. Це особливо корисно в небезпечних або ворожих умовах, де присутність людини може бути небезпечною.

TALON також включає в себе ряд датчиків, в тому числі відеокамери, тепловізори і сенсори. Ці датчики дозволяють роботу збирати важливу інформацію про навколишнє середовище, таку як зображення в реальному часі, теплові карти та інші дані, корисні для розвідувальних місій.

Робот може бути оснащений різними модулями, такими як маніпулятори, розвідувальні та вибухові модулі.

Компактна структура TALON дозволяє його легко транспортувати і розгортати в різних умовах. Він також оснащений багатофункціональною системою управління, яка полегшує керування і навчання операторів (рис. 1.3).

Загалом, TALON є високоефективним роботом-розвідником з розширеними можливостями та надійною структурою, що дозволяє йому ефективно виконувати розвідувальні завдання в різних умовах.

Він знаходить широке застосування у військових операціях, пошуку та рятуванні, контролі за безпекою та інших областях, де розвідка є ключовою діяльністю.



Рисунок 1.3 – Робот TALON

1.7.3 DOGO Robot

DOGO Robot – це розвідувальний робот, розроблений компанією General Robotics. Незважаючи на свою компактну конструкцію, він досить універсальний для виконання розвідувальних завдань у різних ситуаціях.

DOGO Robot має ряд характерних особливостей.

По-перше, він має колісну платформу, що дозволяє йому швидко та маневрено пересуватися різними поверхнями. Він може легко долати такі перешкоди, як сходи, пороги та сходинки, що робить його придатним для використання в будь-яких умовах.

Робот оснащений системою дистанційного керування, яка дозволяє оператору зручно керувати роботом з безпечної відстані. Це підвищує гнучкість і безпеку під час розвідувальних робіт.

Робот DOGO оснащений високоякісною відеокамерою, яка забезпечує чіткий огляд зони розвідки. Відеодані можуть передаватися оператору в режимі реального часу або зберігатися для подальшого аналізу. Крім того, робот може бути оснащений гвинтівкою і може вести вогонь з високою точністю. Це корисно в ситуаціях, коли необхідно нейтралізувати загрозу або забезпечити захист

власних сил. Робот може працювати в автономному режимі і виконувати задані завдання без постійного контролю оператора.

Робот DOGO Robot має вбудовану систему вибухозахисту для забезпечення безпеки робота та оператора під час роботи в потенційно небезпечних зонах (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – DOGO Robot

1.7.4 HDMS 551s1 компанії Resquared

HDMS 551s1 – це наземна роботизована система з двома маніпуляторами, які забезпечують високу потужність і універсальність для виконання різних завдань [7].

Робот оснащений двома маніпуляторами з силовим приводом, які забезпечують точність і можливості маніпулювання об'єктами (рис. 1.5). Ці маніпулятори мають високу вантажопідйомність і можуть виконувати різні завдання.

HDMS 551s1 може управлятися вручну і за допомогою автономних алгоритмів. Робот підтримує бездротовий зв'язок з операторами та центрами управління.

Потужні маніпулятори дозволяють йому піднімати важкі об'єкти та виконувати складні маневри. Надійно захоплюючи і утримуючи об'єкти різних форм і розмірів.

HDMS 551s1 може працювати у відкритому або закритому просторі і є досить маневреним, щоб пересуватися в обмеженому просторі і по пересіченій місцевості.



Рисунок 1.5 – Робот HDMS 551s1

Робот обладнаний різними сенсорами, такими як відеокамери, датчики тиску, датчики сили та інші. Це дозволяє роботу отримувати інформацію про своє оточення, аналізувати її та приймати рішення на основі цих даних.

HDMS 551s1 може бути використаний у різних галузях, включаючи виробництво, будівництво, медицину, рятувальні операції, обслуговування інфраструктури та інші.

Робот має високий рівень мобільності завдяки колісній платформі або гусеничному ходу, що дозволяє йому ефективно рухатися по різних типах терену (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Пульт керування HDMS 551s1

Узагальнюючи, HDMS 551s1 – це потужний роботизований комплекс з двома маніпуляторами, який поєднує в собі високу точність маніпуляторів, різноманітність застосування та розширені можливості управління.

1.7.5 Сферичний робот корпорації GuardBot Inc.

Цей робот-амфібія має розмір близько 1 метра і важить близько 25 кг. Робот призначений для ефективної роботи на різних типах доріг, піску, бруду, снігу, похилих поверхнях і навіть під водою. Він може рухатися зі швидкістю до 35 км/год на суші та 6 км/год у воді (рис. 1.7).

Основне призначення робота – виконання спеціальних операцій. Він може здійснювати розвідку, охорону, поводження з вибуховими речовинами, виявлення вибухівки та розмінування.

Робот оснащений камерами спостереження з обох боків головної сфери, що забезпечує поле огляду на 360°. Крім того, він оснащений передовою системою різноманітних датчиків.



Рисунок 1.7 – Сферичний робот-амфібія

У робота є інерційний рушій, який використовує маятникову систему з 9 ступенями вільності. Керування роботом здійснюється за допомогою алгоритмів, які регулюють положення центра мас робота.

Робот є повністю автономним і забезпечується безперебійною роботою протягом 8 годин завдяки джерелу електроживлення.

1.7.6 Eye Drive компанії ODF Optronics

Eye Drive – невеликий дистанційно керований робот, розроблений компанією ODF Optronics (рис. 1.8). Його призначення – пошукові операції та інспекція небезпечних зон. i-Drive – це чотириколісний радіокерований міні-автомобіль, який може замінити вантажівку. У його компактному корпусі розміщені система управління, модуль зв'язку, акумулятор, електродвигун і п'ять відеокамер (чотири фіксовані та одна поворотна). Завдяки невеликим розмірам і малій вазі.



Рисунок 1.8 – Eye Drive

Eye Drive можна легко використовувати в приміщенні. Робот може самостійно підніматися на вертикальні перешкоди та сходи, використовувати відбитки ніг для утримання полиць та переступати через перешкоди. Військовий Eye Drive призначений для наземної розвідки та боротьби з тероризмом (рис. 1.8).

Робот Eye Drive оснащений пультом дистанційного керування, який дозволяє оператору вести спостереження і розвідку за допомогою безперервного відео- і аудіотрекінгу з полем зору 360°.

Система відеоспостереження складається з чотирьох фіксованих камер і однієї поворотної камери, що дає оператору повний огляд того, що відбувається

навколо робота-розвідника. Відео- та аудіоінформація, зібрана датчиками робота, передається через Wi-Fi на комп'ютер оператора. Програмне забезпечення автоматично архівує всю зібрану роботом інформацію та обробляє аудіо-візуальну інформацію.

Міні-робот i-Drive оснащений інтуїтивно зрозумілою навігаційною системою Point 'n Go, яка спрощує процес управління. Використовуючи панорамне зображення навколишнього середовища, що проектується на екран контролера, оператор може направляти напрямок руху робота без необхідності додаткових органів управління. Це дозволяє оператору сконцентруватися на завданні розвідки, а не на управлінні міні-роботом.

1.8 Проблеми та перспективи розвитку

Хоча розвідувальні роботи широко використовуються в багатьох сферах діяльності, існує кілька невирішених питань, які ускладнюють їхнє повне використання [8].

Одна з них – недостатня автономність роботів. Деякі моделі вже здатні самостійно пересуватися і уникати перешкод, але автономна робота обмежується картографуванням, патрулюванням і переміщенням матеріалів. Більшість інших операцій все ще потребують участі оператора як контролера або особи, що приймає рішення.

Оскільки ця проблема має кілька аспектів, її вирішення вимагає розширення можливостей бортових комп'ютерних систем управління роботами, розробки нових автономних систем прийняття рішень і створення нового покоління систем технічного зору. Ці системи повинні виявляти не тільки перешкоди, але й об'єкти, визначати їх розміри та відстань до них. Також потребують розробки системи тестування та аутентифікації для прийняття рішень.

Ще однією проблемою є висока вартість багатьох робіт. Зменшити витрати можна за рахунок використання систем технічного зору без далекомірів, вжиття заходів щодо здешевлення розробки окремих модифікацій та збільшення серійності виробництва робіт.

Ще однією проблемою є надійна ідентифікація об'єктів робіт, що вимагає якісного графічного аналізу та розпізнавання образів. Цю проблему можна вирішити за допомогою спеціальних підсистем розпізнавання і вибору цілей відповідно до того, чи є вони дружніми або ворожими.

1.9 Математичний опис детермінованих плавно та різко змінних нерівностей дорожнього полотна

Для руху мобільних робіт характерні різноманітні дороги та поверхні різного типу, включаючи бездоріжжя та приміщення, а також перешкоди, які необхідно подолати. Оскільки дорожні умови можуть суттєво впливати на функціональні можливості мобільного робота, важливо провести дослідження їх впливу. Однак, велика різниця в умовах ускладнює такі дослідження.

З метою вивчення впливу дорожніх умов на характеристики руху мобільного робота, актуальним є використання методів математичного моделювання. Ці методи дозволяють аналізувати та прогнозувати реакцію робота на різні типи поверхонь, перешкоди та дорожні умови. Застосування математичного моделювання дозволяє зрозуміти, як різні параметри поверхонь і перешкод впливають на рухові характеристики робота, такі як стійкість, швидкість і точність переміщення (рис. 1.9).

Взаємодія плоскої поверхні та циліндричної поверхні створює точковий контакт. Профіль дороги $Z(X)$ змінюється по довжині, що призводить до зміни положення осі колеса, позначеного як h . Залежність h від Z може змінюватись при

деформації колеса та дорожнього покриття, які залежать від опорної реакції b_k . Таким чином, профіль дороги об'єктивно відображає вплив дорожнього полотна на мобільний робот.

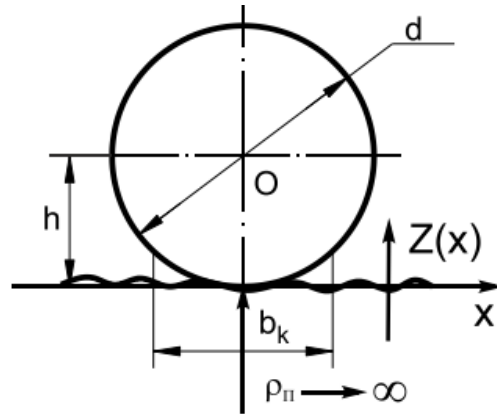


Рисунок 1.9 – Схема взаємодії колеса із дорожнім покриттям та параметри, що відображають особливості контакту

Цей процес взаємодії між дорожнім покриттям та мобільним роботом відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та ефективності руху. Вимірювання та аналіз профілю дороги дозволяють оцінити вплив різних факторів на роботу колісної системи та забезпечити оптимальне функціонування мобільного робота в різних умовах (рис. 1.10).

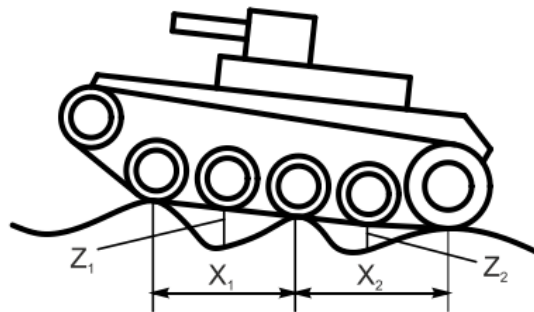


Рисунок 1.10 – Пояснення причин впливу конструкції та розмірів шасі мобільного робота на теоретичну модель окремої колії

Плавно-змінні профілі окремої колії можуть бути описані, як детермінованими функціями так і випадковими процесами. Тому для моделювання дії дорожніх умов першої групи профілі окремої колії описані детермінованими або випадковими функціями. Для детермінованих дорожніх умов здійснено опис профіля колії відрізком ряду Фур'є:

$$z(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cdot \cos(k\omega_0 x) + b_k \sin(k\omega_0 x), \quad (1.1)$$

де z – поточна висота дорожнього полотна в точці з координатою x ;

a_0, a_k, b_k – коефіцієнти ряду Фур'є;

ω_0 – параметр, що визначає характерний період зміни висоти профіля дороги.

Коефіцієнти ряду, пов'язані із профілем дороги $z(x)$:

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T z(\tau) \cos(k\omega_0 \tau) d\tau, \quad (1.2)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T z(\tau) \sin(k\omega_0 \tau) d\tau. \quad (1.3)$$

У загальному вигляді опис профіля дороги здійснено полігармонічною функціональною залежністю:

$$z(x) = \sum_{k=0}^{\infty} A_k \sin(k\omega_0 x + \varphi_{0k}), \quad (1.4)$$

де A_k та φ_{0k} – амплітуди і початкові фази окремих гармонічних складових профіля дороги.

1.10 Висновки до першого розділу

Роботи-розвідники розробляються для роботи в умовах, які часто є небезпечними чи важкодоступними для людини. Це може включати пересування нерівними поверхнями, функціонування в екстремальному кліматі або виконання завдань у середовищах, що загрожують життю. Основними вимогами до таких пристроїв є компактність, мала вага, стійкість до зовнішніх впливів та оснащення сучасними датчиками, як-от тепловізори, камери та сенсори.

Сучасні технології значно підвищили ефективність роботів-розвідників. Завдяки штучному інтелекту та алгоритмам машинного навчання, вони можуть діяти автономно, аналізувати інформацію в реальному часі та приймати рішення без постійного втручання оператора. Мобільність забезпечується інноваційними платформами, що дають змогу долати перешкоди, адаптуватися до складних рельєфів і успішно виконувати завдання.

Області застосування цих роботів досить широкі: від пошуково-рятувальних операцій та військових місій до використання в промисловості, наукових дослідженнях і медицині. Вони ефективно допомагають у ситуаціях, де людська присутність обмежена або небезпечна, знижуючи ризики та підвищуючи точність і швидкість виконання завдань.

Попри очевидні переваги, розробка роботів-розвідників стикається з низкою проблем. Найбільш критичними є висока собівартість виробництва та недостатня автономність роботи. Для подолання цих перешкод потрібні подальші інновації у сфері штучного інтелекту, вдосконалення технічного забезпечення та зниження витрат на виготовлення.

Ці напрямки розвитку дозволять підвищити доступність і ефективність роботів-розвідників, що сприятиме їх ширшому впровадженню в різних галузях.

2 ВИБІР ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТА-РОЗВІДНИКА

2.1 Вибір матеріалу для корпусу робота-розвідника

Щоб вибрати оптимальний матеріал для виконання корпусу робота-розвідника, матеріал повинен підходити під критерії, які характеризують усі потрібні параметри робота. У ході аналізу було прийнято рішення, що найкращим вибором для реалізації корпусу робота є титан [9].

2.1.1 Переваги обраного матеріалу

Титан є одним з найлегших конструкційних матеріалів і має низьку щільність. Це зменшує вагу робота і має вирішальне значення для маневреності та довговічності.

Незважаючи на свою легкість, титан має велику міцність. Він витримує високі навантаження і ефективно працює навіть у складних умовах, таких як перешкоди або нерівна поверхня.

Титан має відмінну стійкість до корозії. Титан також стійкий до високих температур. Це корисно для робіт, які працюють у високотемпературних середовищах, наприклад, поблизу джерел тепла або в легкозаймистих середовищах.

2.1.2 Недоліки обраного матеріалу

Титан – матеріал преміум-класу, що може значно збільшити вартість виготовлення корпусів. Це може стати обмеженням для проєктів з обмеженим бюджетом.

Титан відносно важко піддається обробці. Через твердість матеріалу для його обробки потрібне спеціальне обладнання та технології, що також може збільшити вартість і складність виробництва.

Порівняно з іншими матеріалами, такими як сталеві сплави, титан менш жорсткий. Це означає, що титанові корпуси більш схильні до деформації і прогину під впливом зовнішніх сил.

2.2 Вибір рушійного модуля

Для збірки робота-розвідника, враховуючи специфіку конструкції та завдання, які він повинен виконувати, було обрано гумо-металевий колісний модуль.

Колісний модуль забезпечує високу швидкість переміщення на рівних поверхнях, таких як дороги, асфальт або бетонні майданчики. Завдяки цьому робот може ефективно виконувати завдання в умовах міської інфраструктури або на відкритій місцевості.

Колеса мають низький рівень енергоспоживання, що дозволяє збільшити час автономної роботи робота, особливо під час виконання тривалих операцій.

Проста конструкція колісного модуля та його менша вага полегшують транспортування, обслуговування робота та знижують загальну вартість виробництва.

Колісний модуль дозволяє роботу легко змінювати напрямок руху та обходити перешкоди, що робить його маневреним і зручним для використання в середовищах із великою кількістю об'єктів.

Колеса з відповідними протекторами адаптуються до різних типів поверхонь, таких як ґрунт, трава, пісок чи дрібні камені, забезпечуючи достатню прохідність у середовищах середньої складності.

Низький рівень шуму, який створює колісний модуль під час руху, є важливим фактором для розвідувальних операцій, де потрібна мінімальна помітність.

Таким чином, гумо-металевий колісний модуль є ефективним рішенням для роботів-розвідників, які потребують мобільності, енергоефективності та надійності під час виконання завдань у різних умовах.

2.3 Вибір ПЗ для програмування керування роботом-розвідником

2.3.1 ПЗ для 3D-моделювання

Для цього проєкту було вирішено змодельовати робота-розвідника за допомогою 3D-моделювання, яке дає змогу розробляти деталі роботів точніше відповідно до вищевказаних вимог.

Незважаючи на те що в Інтернеті можна знайти широкий спектр програмного забезпечення, яке можна використовувати для проєктування деталей роботів, Fusion 360 і SolidWorks виявилися придатними для виконання вимог проєкту.

Fusion 360 і SolidWorks – це потужні програми для комп'ютерного моделювання, й обидві вони можуть бути використані для проєктування деталей розвідувальних роботів. Однак Fusion 360 має низку переваг, які роблять його потенційно привабливішим варіантом у даному випадку.

Fusion 360 заснований на хмарній технології, що полегшує зберігання, управління та спільну роботу над проєктами [10]; він також більш гнучкий і може використовуватися з різними програмними пакетами. Користувачі можуть отримувати доступ до файлів з будь-якого комп'ютера або пристрою, підключеного до Інтернету, співпрацювати з іншими користувачами і швидко обмінюватися проєктами.

Fusion 360 надає широкий спектр інструментів для створення твердотільних моделей, поверхонь і збірок, розрахунків, аналізу та інших видів моделювання. інструменти моделювання.

Складні деталі розвідувального робота можуть бути створені з високою точністю та деталізацією (рис. 2.1).

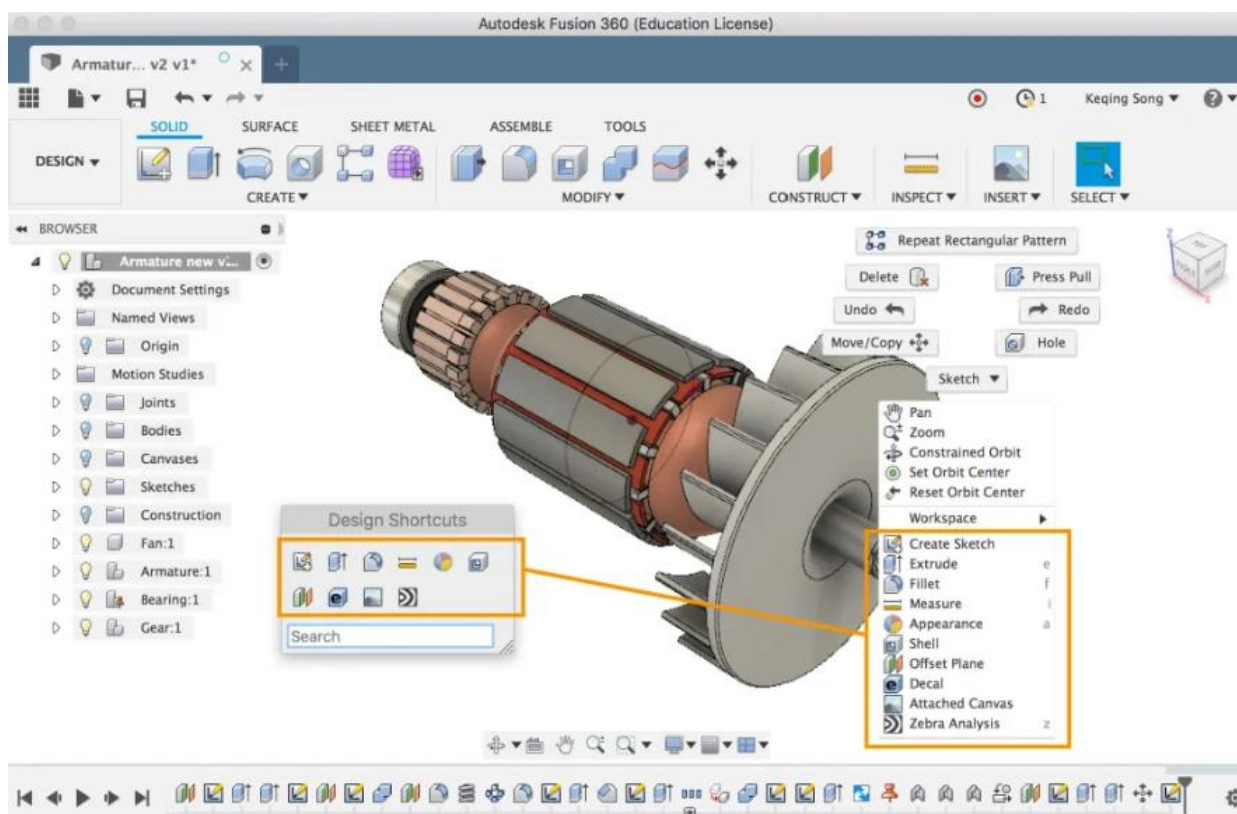


Рисунок 2.1 – Інтерфейс Fusion 360

Fusion 360 простий у вивченні та використанні завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу. Інтуїтивність робить його придатним як для початківців, так і для досвідчених користувачів.

Fusion 360 пропонує гнучкі плани підписки, що дозволяє використовувати програмне забезпечення відповідно до ваших потреб. У порівнянні з SolidWorks, Fusion 360 є більш доступним, особливо для студентів і малих та середніх

підприємств, або незалежних розробників, малих і середніх підприємств, або незалежних розробників і може бути більш доступним за ціною.

Fusion 360 також добре працює з іншим програмним забезпеченням і сервісами, що використовуються при розробці геологорозвідувальних роботів. Наприклад, електронні схеми можна легко імпортувати з EAGLE або підготувати моделі до виробництва за допомогою САМ-модулів (рис. 2.2).

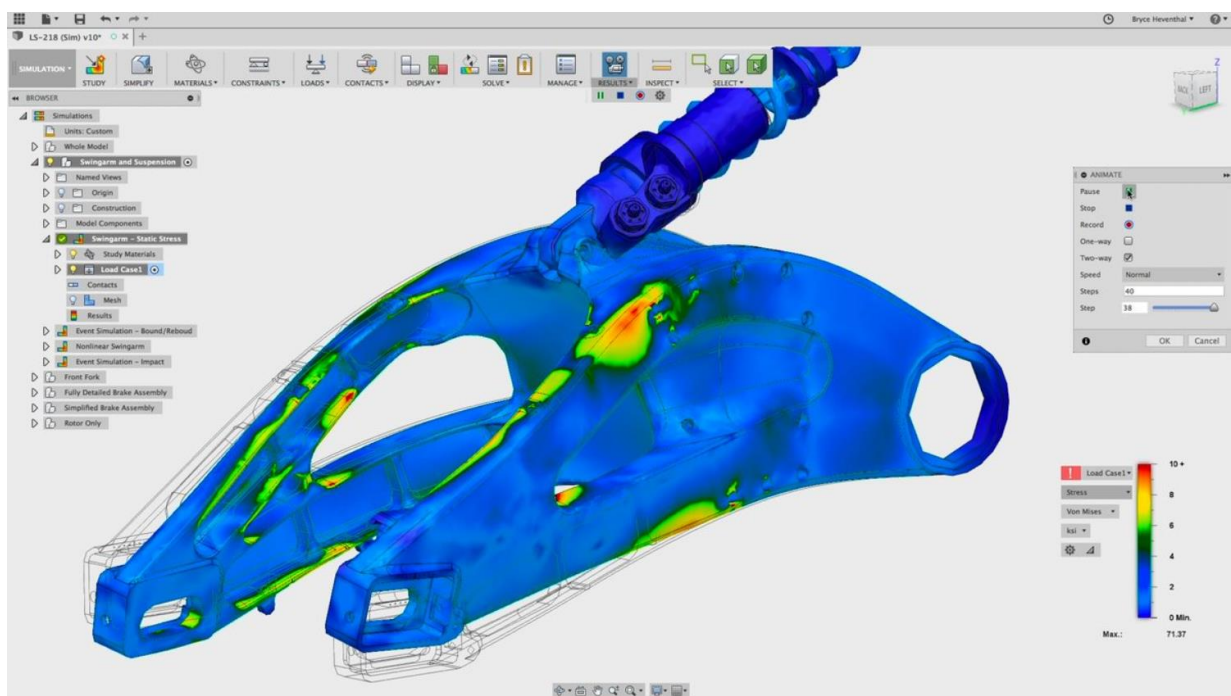


Рисунок 2.2 – Fusion 360 в режимі симуляції

Загалом, Fusion 360 є потужним інструментом для моделювання, який має інтегровану хмарну платформу, широкий функціонал, легку навігацію, доступну ціну та хорошу інтеграцію з іншими інструментами.

Враховуючи ці переваги, Fusion 360 є відмінним вибором для моделювання деталей робота-розвідника.

2.3.2 Кодування робота-розвідника

Для кодування робота Scout ми обрали дві популярні платформи для програмування мікроконтролерів: Arduino IDE та Raspberry Pi. Однак, коли ми порівняли ці дві платформи між собою, ми виявили, що Arduino набагато краще підходить для кодування робота Scout, ніж Raspberry Pi.

Arduino IDE має простий, зручний для початківців інтерфейс. Він розроблений з урахуванням простоти використання і дозволяє користувачам швидко навчитися основам програмування та створення роботів. Це програмне середовище є більш доступним, ніж Raspberry Pi: вартість плати Arduino та компонентів зазвичай нижча, що робить його привабливим варіантом для студентів та невеликих проєктів з обмеженим бюджетом [11].

Arduino IDE здатна працювати в режимі реального часу що робить його ідеальним для завдань, де важлива точність та зворотній зв'язок у реальному часі. Це особливо важливо для роботів-розвідників, де час реакції та точність руху можуть бути критичними факторами.

Arduino IDE також споживає менше енергії, ніж Raspberry Pi. Це особливо важливий аспект для роботів, які працюють від батареї або в умовах обмеженого живлення. З Arduino IDE ви можете продовжувати роботу протягом тривалого часу без швидкого розрядження батареї [12].

В програмному середовищі Arduino IDE є вбудована підтримка аналогових портів вводу/виводу дозволяє підключати широкий спектр датчиків та пристроїв без необхідності використання додаткових перетворювачів сигналів. Це підвищує гнучкість і спрощує процес підключення додаткових пристроїв.

Нарешті, Arduino IDE може працювати в автономному режимі без підключення до комп'ютера або монітора. Це дозволяє створювати автономних роботів Scout, які можуть самостійно функціонувати у віддалених або обмежених умовах.

2.4 Вибір електронних компонентів

При виборі електроніки була взята до уваги головна вимога до робота, а саме його малі габарити, тому усім компонентам властиві малі розміри для забезпечення компактності збірки, від якого залежить розмір корпусу робота, при цьому не втрачаючи функціональності. Приклад взаємодії усіх компонентів зображено на рис. 2.3.

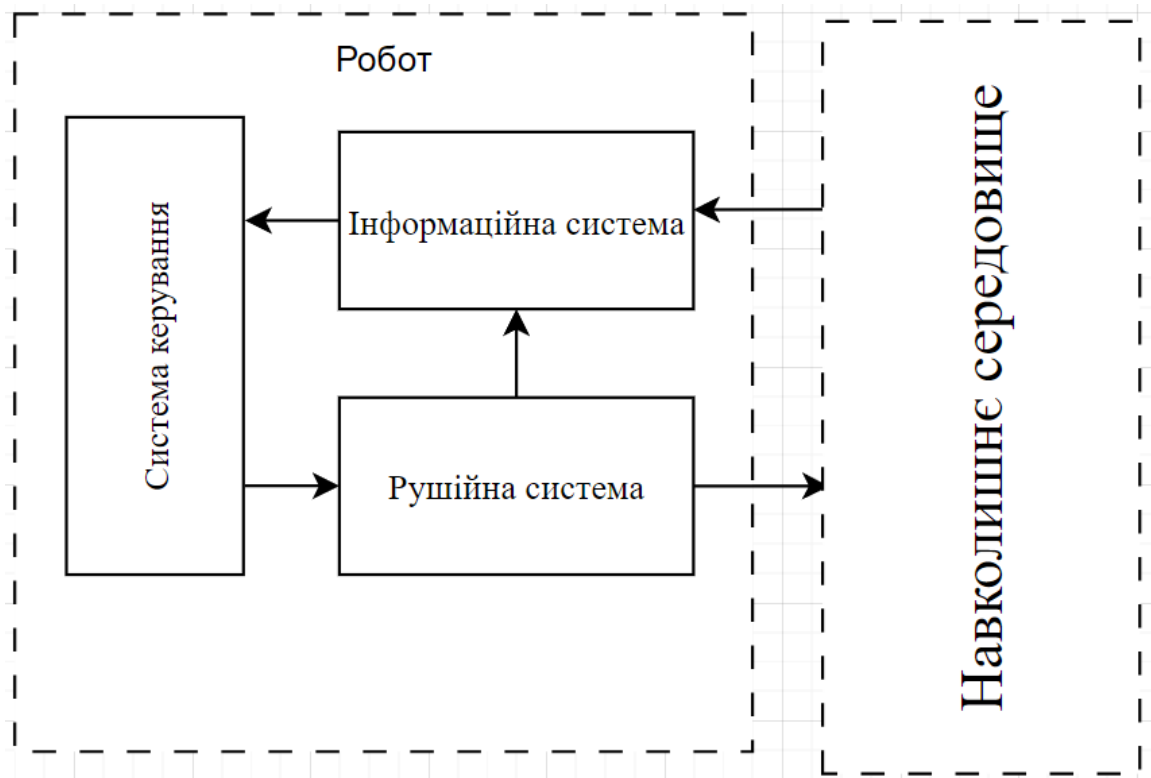


Рисунок 2.3 – Спрощена структурна схема взаємодії компонентів

Основним керуючим компонентом, який забезпечує управління усіма процесами робота є мікроконтролер. Для реалізації керування робота-розвідника був обраний мікроконтролер Arduino Mega 2560 (рис. 2.4).

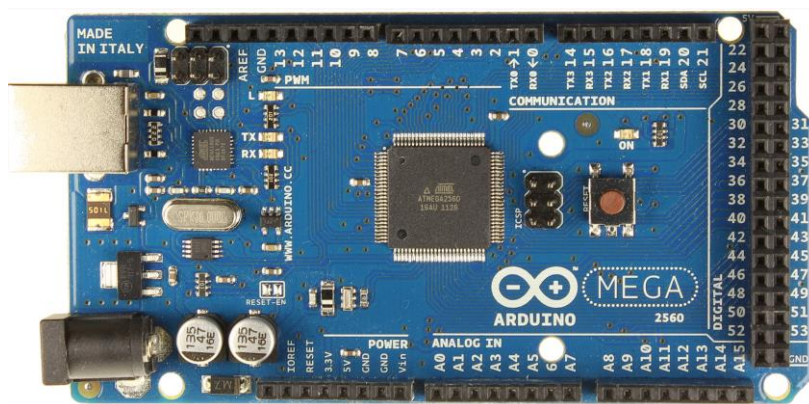


Рисунок 2.4 – Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 – це одна з найпотужніших плат у лінійці Arduino, що робить її ідеальним вибором для використання в роботах-розвідниках дистанційного керування. Завдяки своїм технічним характеристикам, вона здатна обробляти складні алгоритми та керувати великою кількістю компонентів.

Arduino Mega 2560 оснащена мікроконтролером ATmega2560, який має 256 КБ флеш-пам'яті для зберігання програмного коду, 8 КБ оперативної пам'яті (SRAM) і 4 КБ енергонезалежної пам'яті (EEPROM). Це забезпечує достатній обсяг для реалізації складних програм, включаючи алгоритми навігації, обробки даних із сенсорів і систем дистанційного керування.

Плата підтримує роботу від джерел живлення з напругою 7–12 В, що дозволяє використовувати різноманітні батареї та акумулятори, зручні для автономної роботи роботів-розвідників.

Arduino Mega 2560 має 54 цифрові входи/виходи, з яких 15 підтримують PWM (широтно-імпульсну модуляцію), та 16 аналогових входів. Це дозволяє підключати велику кількість сенсорів, приводів і модулів одночасно, забезпечуючи високу функціональність робота.

Завдяки стандартним інтерфейсам, таким як UART, SPI, I2C, Arduino Mega 2560 легко інтегрується з додатковими модулями: бездротовими комунікаційними модулями (Bluetooth, Wi-Fi), модулями GPS для навігації, а також камерами або датчиками.

Великий форм-фактор плати дозволяє зручно розміщувати її в середніх і великих роботах, забезпечуючи достатню площу для підключення периферійних компонентів.

Завдяки своїй надійності, енергоефективності та широким можливостям розширення, Arduino Mega 2560 є відмінним вибором для створення робота-розвідника, який здатний виконувати складні завдання, зокрема аналіз навколишнього середовища, збір даних і дистанційне керування [14].

Далі був обраний двигун (рис. 2.5) [15]. Двигун в роботі-розвіднику виконує важливу функцію контролю руху та позиціонування різних частин робота. В якості двигуна для робота були обрані чотири мотори MD520Z19_12V, що мають наступні характеристики, які наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики MD520Z19_12V

Показники	Значення
Вага, г	близько 150
Розмір, мм	Діаметр – 6 Довжина – 15
Крутний момент зупинки, кг/см	3,1
Робоча швидкість, гр/м	11000
Робоча напруга, В	від 4,8 до 6,0
Робоча температура, °C	від 0 до 55



Рисунок 2.5 – Двигун MD520Z19_12V

Для управління двигунами треба приєднати їх із драйвером моторів. Задля цього був обраний драйвер Motor Driver BTS7960B (рис. 2.6).

Motor Driver BTS7960B виконує важливу функцію керування двигунами в роботі-розвіднику. Цей драйвер є спеціалізованим інтегральним пристроєм, який забезпечує керування кількома двигунами одночасно з мікроконтролера, таким як Arduino.

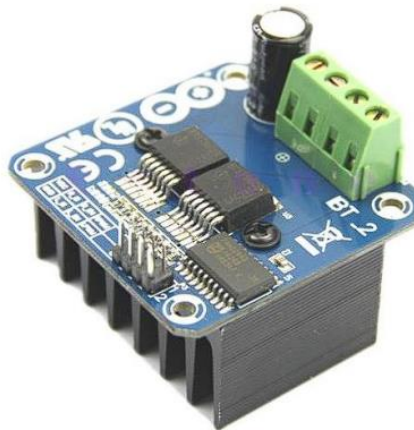


Рисунок 2.6 – Драйвер двигуна Motor Driver BTS7960B

Драйвер двигуна BTS7960B – це потужний пристрій, призначений для керування двигунами постійного струму у високонавантажених системах, зокрема в роботах-розвідниках дистанційного керування. Його характеристики забезпечують стабільну роботу навіть за складних умов експлуатації.

Основною перевагою BTS7960B є здатність працювати з двигунами, що споживають струм до 43 А і потребують напруги до 27 В. Завдяки цьому драйвер ефективно підтримує потужні приводи, необхідні для надійного пересування робота.

Конструкція BTS7960B включає два Н-мости, які дозволяють повністю контролювати напрямок обертання двигуна (вперед або назад) і плавно регулювати швидкість за допомогою PWM-сигналів (широотно-імпульсної модуляції). Такий підхід забезпечує точність управління, плавний запуск і безпечну зупинку.

Пристрій також має вбудовані системи захисту від перегріву, перевантаження та короткого замикання. Це робить BTS7960B надійним рішенням, яке мінімізує ризики пошкодження обладнання під час роботи.

Драйвер легко інтегрується з популярними мікроконтролерами, зокрема Arduino Mega 2560, завдяки зрозумілому інтерфейсу. Для підключення потрібні лише базові контакти, такі як входи для керування напрямком і подачі PWM-сигналів.

BTS7960B ідеально підходить для керування двигунами високої потужності, які забезпечують роботу робота-розвідника на нерівних або складних поверхнях. Він сприяє підвищенню маневреності та прохідності техніки, що важливо в умовах виконання складних завдань.

Завдяки своїй потужності, надійності та зручності у використанні, BTS7960B є оптимальним вибором для дистанційно керованих роботів, які потребують максимальної ефективності й продуктивності.

В якості радіо-трансмітера був обраний NRF24L01 (рис. 2.7). Радіо-трансмітер використовується для бездротового зв'язку у роботах-розвідниках та інших подібних додатках.



Рисунок 2.7 – Радіо-трансмітер NRF24L01

NRF24L01 забезпечує можливість бездротового зв'язку між роботом-розвідником та іншими пристроями або системами. Він використовує радіочастотний діапазон для передачі та отримання даних, що дозволяє роботу-розвіднику спілкуватись з оператором або іншими додатками на відстані.

Цей приймач забезпечує швидкість передачі даних до 2 Мбіт/с, що дозволяє ефективно передавати великі обсяги інформації у реальному часі.

NRF24L01 має значний діапазон передачі даних 1100 метрів, що дозволяє роботу-розвіднику працювати на великій відстані від базової станції або оператора. Це особливо корисно у випадках, коли робот-розвідник має працювати на значній відстані від керуючого пункту.

Приймач оснащений підсилювачем сигналу та лінійним підсилювачем, що дозволяє покращити силу та якість сигналу. Це особливо корисно в умовах зі значною відстанню або наявністю перешкод, де потрібна покращена передача та отримання сигналу.

RunCam Split HD FPV Camera була обрана для забезпечення передачі візуальних даних у роботі-розвіднику дистанційного керування (рис. 2.8). Ця компактна камера відзначається високою якістю зйомки та легкою інтеграцією в робототехнічні системи, що дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі з високою точністю.



Рисунок 2.8 – Відеокамера RunCam Split HD FPV Camera

Пристрій підтримує відеозйомку у форматі HD (1080p) із частотою 60 кадрів на секунду, що гарантує отримання чітких і деталізованих кадрів. Це відіграє ключову роль у збиранні візуальної інформації для подальшого аналізу середовища, в якому працює робот-розвідник.

Однією з основних переваг камери є можливість одночасного запису відео на карту пам'яті та передачі даних у режимі FPV (First Person View). Така функція дозволяє оператору керувати роботом у реальному часі та зберігати відеоматеріали для подальшого вивчення.

Камера використовує частоту 5,8 ГГц для передачі сигналу, що забезпечує надійний зв'язок і мінімізує ризик перешкод від інших бездротових пристроїв. Завдяки підтримці великої кількості каналів можна обрати оптимальний для стабільної передачі відео.

Компактний розмір і мала вага RunCam Split HD роблять її чудовим рішенням для мобільних платформ. Завдяки зручним кріпленням і сумісності з іншими компонентами FPV-систем камера легко інтегрується в конструкцію робота.

Додатково пристрій оснащений можливістю налаштування параметрів зображення, таких як експозиція, баланс білого та контрастність. Це дозволяє адаптувати зйомку до різних умов освітлення, забезпечуючи оптимальну якість відео.

RunCam Split HD FPV Camera об'єднує в собі високу продуктивність, надійність і зручність використання. Ця камера ідеально підходить для роботів-розвідників, які виконують завдання в складних умовах, забезпечуючи якісну передачу візуальної інформації та підвищуючи ефективність їхньої роботи.

Окрім цього, було вирішено додати Xiaovv Smart Panoramic IP Camera 1080P, для можливості отримання візуальної інформації за допомогою FVP окулярів.

Xiaovv Smart Panoramic IP Camera 1080P відіграє важливу роль у забезпеченні відео-навігації для робота-розвідника (рис. 2.9). З роздільною здатністю 1080p та панорамним оглядом, ця камера дозволяє оператору отримати чітке, детальне зображення навколишнього середовища. Це значно полегшує аналіз ситуації, забезпечуючи точне сприйняття простору. Камера здатна обертатися на 360 градусів, що дає можливість спостерігати всі кути без необхідності змінювати положення самого робота.

Завдяки високій якості зображення, камера дозволяє в реальному часі спостерігати за подіями навколо робота, що особливо важливо для виявлення загроз та визначення місцезнаходження робота. Це робить її ідеальним інструментом для відео-розвідки. Можливість обертання камери дає змогу безперешкодно оглядати простір навколо, що покращує маневреність робота та точність у виявленні перешкод.



Рисунок 2.9 – Відеокамера Xiaovv Smart Panoramic IP Camera 1080P

Інтеграція камери з IP-мережами дозволяє передавати відеосигнал на великі відстані через Wi-Fi або Ethernet з мінімальною затримкою, що робить систему дуже зручним інструментом для віддаленого спостереження. Крім того, наявність функції автоматичного виявлення руху дає можливість оперативно реагувати на зміни в середовищі, що підвищує безпеку роботи робота.

Завдяки своїм технічним характеристикам, Xiaovv Smart Panoramic IP Camera 1080P є відмінним вибором для роботів-розвідників. Вона забезпечує ефективний моніторинг і дозволяє оператору приймати оперативні рішення для успішного виконання завдань.

Також, для запобігання зайвих ушкоджень робота-розвідника, було вирішено додати до нього IR Obstacle Avoidance Sensor.

Інфрачервоний датчик уникнення перешкод (IR Obstacle Avoidance Sensor) є ключовим компонентом для забезпечення автономності та безпеки робота-розвідника (рис. 2.10). Його головною функцією є виявлення перешкод на шляху, що дозволяє роботу своєчасно змінювати напрямок або зупинитися, запобігаючи зіткненням. Це особливо корисно в складних або незнайомих умовах, де необхідна швидка реакція для уникнення небажаних об'єктів. Завдяки використанню інфрачервоного світла, датчик дозволяє роботу точно коригувати свої рухи, підвищуючи його автономність та знижуючи ризик пошкодження.

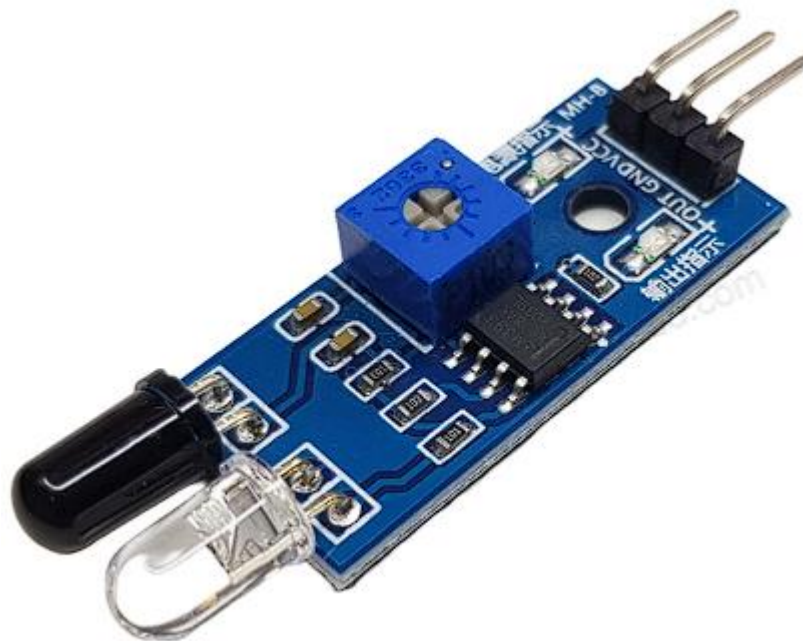


Рисунок 2.10 – IR Obstacle Avoidance Sensor

Одним із важливих параметрів цього датчика є робоча відстань, яка зазвичай коливається від 2 см до 30 см. Це дозволяє йому ефективно працювати навіть у обмежених просторах. Датчик потребує напруги живлення в межах від 3,3 В до 5 В, що робить його сумісним із популярними мікроконтролерами, такими як

Arduino чи Raspberry Pi. Цифровий вихідний сигнал, який він генерує, є простим і надійним способом для обміну даними з іншими компонентами системи.

Кут огляду датчика зазвичай становить $35\text{--}45^\circ$, що дозволяє точно визначати перешкоди в зоні його дії. Частота інфрачервоного світла, на якій працює датчик, складає 38 кГц, що знижує вплив навколишнього освітлення та покращує точність виявлення перешкод.

Завдяки своїм компактним розмірам і невеликій вазі, датчик легко інтегрується в конструкцію робота, не збільшуючи його загальну масу чи розміри. Це робить його ідеальним для використання в роботах-розвідниках, де важлива кожна деталь для забезпечення ефективності та маневреності. Крім того, ІР датчик може комбінуватися з іншими сенсорами, наприклад ультразвуковими або камерними, що дозволяє створити багаторівневу систему виявлення та забезпечує точну навігацію і більшу безпеку робота.

Враховуючи момент, що робот повинен бути малих габаритів, було прийнято рішення використати для системи живлення два літій-полімерні акумулятори (11,1 В 5200 мА/год) (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Обрані літій-полімерні акумулятори

Літій-полімерні акумулятори є ідеальним джерелом живлення для роботів-розвідників завдяки їх унікальним характеристикам. Одна з ключових переваг цих

аккумуляторів – висока енергетична щільність. Вони забезпечують значну кількість енергії на одиницю маси, що дозволяє тривалу автономну роботу робота без значного збільшення його ваги.

Компактність і легкість літій-полімерних аккумуляторів роблять їх особливо цінними для мобільних платформ. Їх невелика маса сприяє зниженню загальної ваги робота, підвищуючи його маневреність та ефективність. Це важливо для пристроїв, які працюють у складних умовах і повинні зберігати максимальну продуктивність.

Ці аккумулятори здатні забезпечити високу потужність, що критично для роботи потужних моторів, актуаторів і складних електронних систем. Високий вихід струму дозволяє пристроям працювати стабільно навіть у моменти пікових навантажень.

Сучасні літій-полімерні аккумулятори обладнані вдосконаленими системами захисту, які включають механізми запобігання перезаряду, перевантаження, короткого замикання та перегріву.

2.5 Висновки до другого розділу

У процесі вибору засобів реалізації робота-розвідника було визначено оптимальні матеріали, компоненти та програмне забезпечення, які забезпечують ефективність, надійність і функціональність системи. Корпус робота запропоновано виготовити з титану через його легкість, міцність, стійкість до корозії та високих температур, хоча це може вплинути на загальну вартість виробництва.

Для рушійного модуля обрано гумо-металевий колісний механізм, який забезпечує високу швидкість, маневреність, низьке енергоспоживання та адаптивність до різних типів поверхонь. Це рішення також сприяє простоті обслуговування та зниженню шуму, що важливо для розвідувальних операцій.

Програмне забезпечення Fusion 360 було визначено як найкращий варіант для 3D-моделювання деталей завдяки його функціональності, хмарній інтеграції та простоті використання. Для програмування керування обрано Arduino IDE, яке забезпечує енергоефективність, зручність у використанні та підтримку широкого спектра датчиків і модулів.

Серед електронних компонентів ключовим елементом став мікроконтролер Arduino Mega 2560, що відповідає вимогам до обробки складних алгоритмів і роботи з численними датчиками. Також були підібрані двигуни та драйвери, які забезпечують точність руху та оптимальну продуктивність системи.

Таким чином, обрані засоби реалізації робота-розвідника забезпечують його функціональність, адаптивність до умов експлуатації та відповідність вимогам сучасних технологій.

3 РОЗРОБКА РОБОТА-РОЗВІДНИКА

3.1 Розробка структурної схеми системи керування роботом-розвідником

Для ефективної реалізації поставленої задачі спочатку необхідно створити структурну схему взаємодії усіх елементів робота.

Розроблена структурна схема управління роботом представлена на рисунку 3.1.

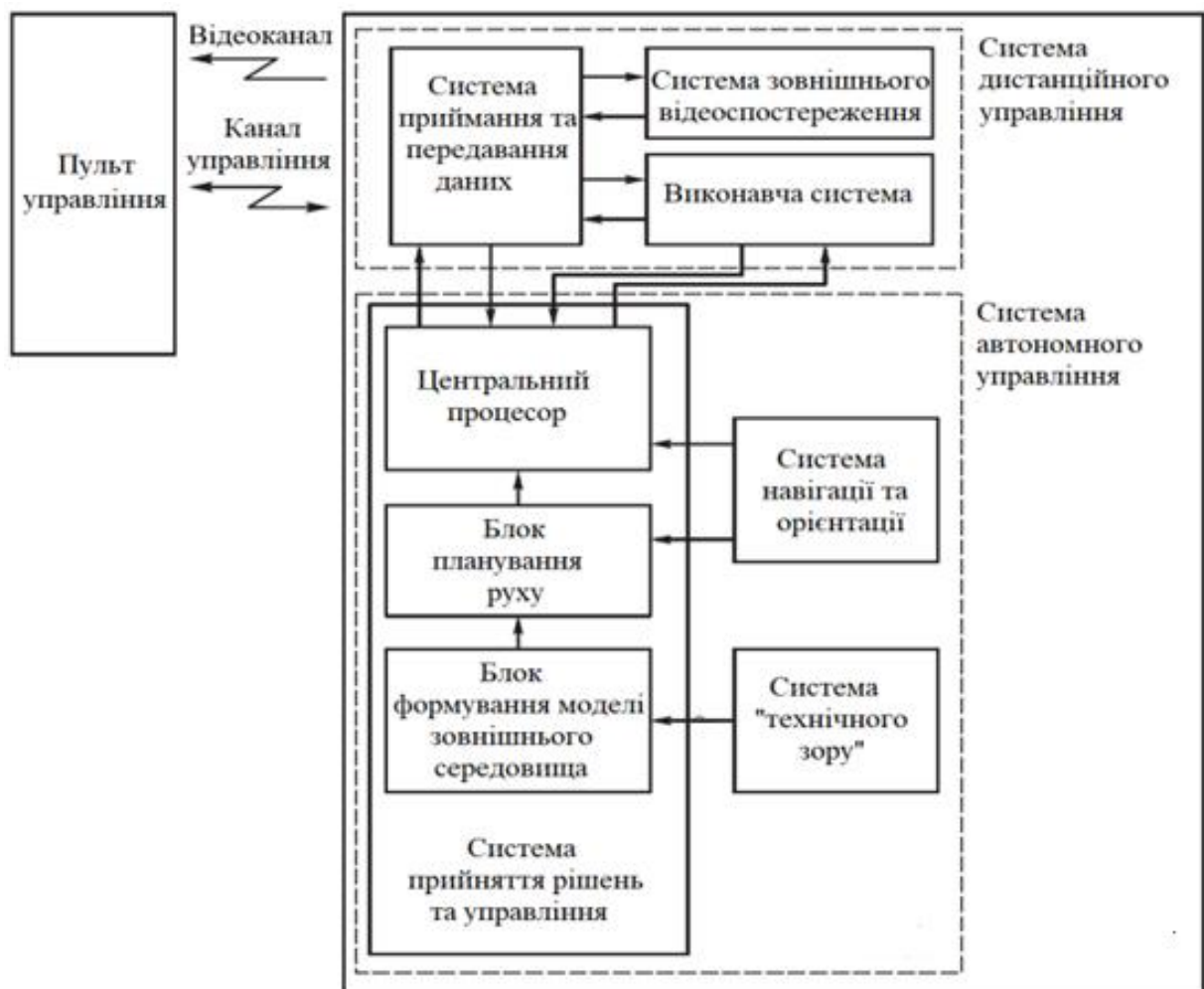


Рисунок 3.1 – Структурна схема управління роботом

3.2 Розробка програмного коду для керування роботом-розвідником

Далі переходимо до програмування мікроконтролера Arduino Nano в програмному середовищі Arduino IDE.

Схема алгоритму роботи програмного модуля подана на рис. 3.2.

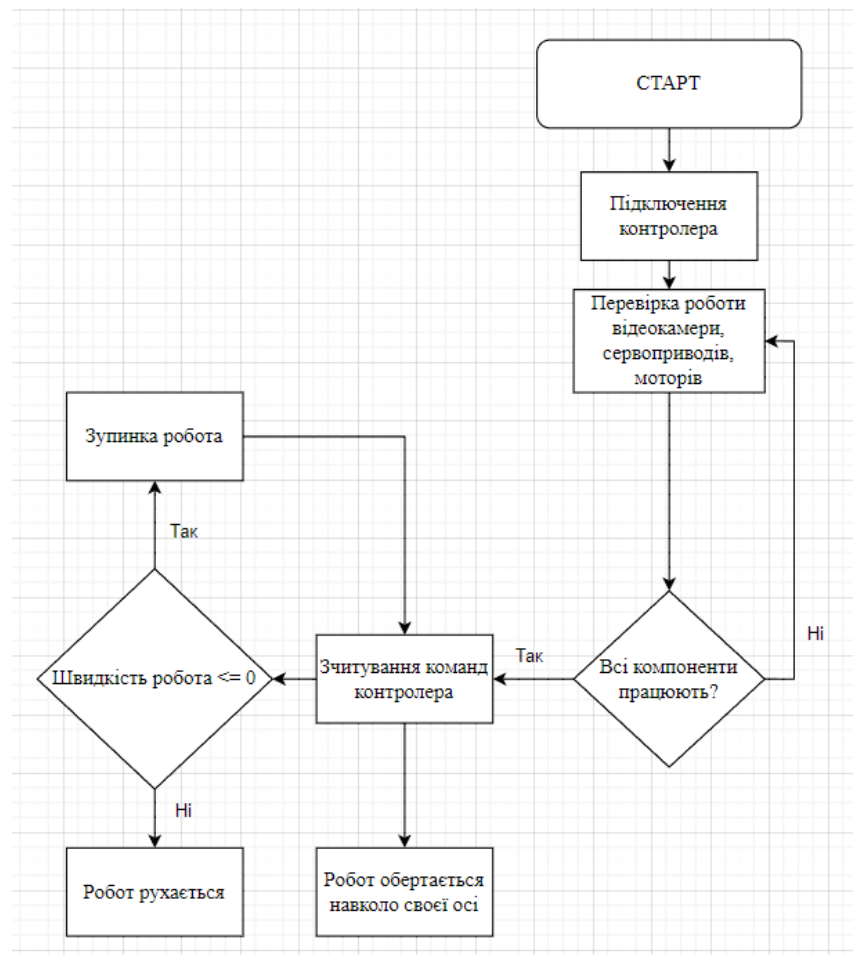


Рисунок 3.2 – Схема алгоритму роботи програмного модуля

По-перше, визначимо діапазон "мертвої зони" для руху та повороту робота. Цей діапазон використовується для визначення, чи moveValue (відповідає за рух вперед/назад) знаходиться в межах "спокою" (рис. 3.3).

Якщо значення `moveValue` знаходиться між -20 і 20 , робот не рухається вперед чи назад.

Аналогічно, цей діапазон використовується для `turnValue` (відповідає за повороти). Якщо значення `turnValue` знаходиться між -20 і 20 , робот не повертає (рис. 3.4).

`Channel1`, `Channel2`, `Channel3` і `Channel4` – це змінні, які відповідають за підключення каналів приймача R12DS до Arduino Mega 2560. Вони оголошені як постійні за допомогою конструкції `const int`, що забезпечує незмінність їхніх значень у програмі (рис. 3.5).

```
15  #define LOWER_STOP_RANGE_MOVE -20
16  #define UPPER_STOP_RANGE_MOVE 20
```

Рисунок 3.3 – Рух вперед та назад

```
15  #define LOWER_STOP_RANGE_MOVE -20
16  #define UPPER_STOP_RANGE_MOVE 20
```

Рисунок 3.4 – Рух вперед та назад

```
21  const int Channel1 = 7 //30;
22  const int Channel2 = 8 //31;
23  const int Channel3 = 32;
24  const int Channel4 = 33;
```

Рисунок 3.5 – Підключення каналів приймача R12DS до Arduino Mega 2560

Значення цих змінних (7, 8, 32, 33) визначають порти Arduino, до яких підключені канали:

`Channel1 = 7` – перший канал, що керує рухом вперед або назад (Throttle).

Channel2 = 8 – другий канал, який відповідає за повороти вправо чи вліво (Aileron).

Channel3 = 32 – третій канал, який може використовуватися для додаткових функцій, наприклад, управління аксесуарами чи камерою.

Channel4 = 33 – четвертий канал, що контролює повороти або функцію Rudder.

Ці змінні встановлюють відповідність між фізичними портами Arduino і сигналами приймача, дозволяючи зчитувати команди. Закоментовані значення 30 і 31 можуть вказувати на попередні порти, які зараз не використовуються.

Сигнали з приймача зчитуються у функції loop() за допомогою pulseIn(), що вимірює тривалість імпульсів, перетворюючи їх у команди для пристрою.

Текст модуля підключення BTS7960 до Arduino Mega 2560 подано на рис. 3.6.

```
27 const int MotorRight_R_EN = 22;  
28 const int MotorRight_L_EN = 23;  
29  
30 const int MotorLeft_R_EN = 26;  
31 const int MotorLeft_L_EN = 27;  
32  
33 const int Rpwm1 = 2;  
34 const int Lpwm1 = 3;  
35 const int Rpwm2 = 4;  
36 const int Lpwm2 = 5;
```

Рисунок 3.6 – Модуль підключення BTS7960 до Arduino Mega 2560

Цей фрагмент коду визначає пін-коди для підключення драйвера двигунів BTS7960 до Arduino Mega 2560. Кожна змінна відповідає за певну функцію керування двигунами (рис. 3.6).

MotorRight_R_EN = 22 і MotorRight_L_EN = 23 – це пін-коди, що активують правий двигун (в прямому або зворотному напрямку).

MotorLeft_R_EN = 26 і MotorLeft_L_EN = 27 – це пін-коди для активації лівого двигуна (в прямому або зворотному напрямку).

Rpwm1 = 2 і Lpwm1 = 3 – пін-коди для керування швидкістю правого двигуна через ШІМ (широтно-імпульсну модуляцію).

Rpwm2 = 4 і Lpwm2 = 5 – пін-коди для регулювання швидкості лівого двигуна через ШІМ.

Ці змінні забезпечують налаштування портів Arduino, які контролюють напрямки і швидкість обертання двигунів.

У цьому фрагменті коду визначено кілька змінних, що відповідають за управління швидкістю двигунів та станом робота (рис. 3.7).

```

41  long pwmLvalue = 255;
42  long pwmRvalue = 255;
43  byte pwmChannel;
44  int robotControlState;
45  int last_mspeed;
46  boolean stop_state = true;

```

Рисунок 3.7 – Код модуля управління швидкістю двигунів

Перша змінна зберігає швидкість лівого двигуна, ініціалізовану на 255, що є максимальним значенням для ШІМ. Друга змінна відповідає за швидкість правого двигуна, також початково встановлену на 255. Існує ще змінна, яка, ймовірно, вказує на активний канал чи пін для регулювання швидкості двигунів.

Наступна змінна слідкує за поточним станом робота, визначаючи, чи рухається він, чи перебуває в зупиненому стані. Інша змінна запам'ятовує останню

швидкість руху, що дає змогу порівняти її з поточною швидкістю та в разі потреби відкоригувати. Остання змінна вказує на те, чи зупинений робот, де значення true означає зупинку, а false – рух.

Ці змінні забезпечують налаштування та контроль роботи двигунів, а також дозволяють управляти роботом в залежності від його поточного стану. Цей фрагмент коду відповідає за налаштування пінів та ініціалізацію компонентів робота на початку його роботи (рис. 3.8).

```
57 void setup(){
58     pinMode(Channel1, INPUT);
59     pinMode(Channel2, INPUT);
60     pinMode(Channel3, INPUT);
61     pinMode(Channel4, INPUT);
62     pinMode(Channel5, INPUT);
63     pinMode(Channel6, INPUT);
64     pinMode(Channel7, INPUT);
65     pinMode(Channel8, INPUT);
66     Serial.begin(9600);
67
68     pinMode(MotorRight_R_EN, OUTPUT);
69     pinMode(MotorRight_L_EN, OUTPUT);
70
71
72     pinMode(MotorLeft_R_EN, OUTPUT);
73     pinMode(MotorLeft_L_EN, OUTPUT);
74
75
76     pinMode(Rpwm1, OUTPUT);
77     pinMode(Lpwm1, OUTPUT);
78     pinMode(Rpwm2, OUTPUT);
79     pinMode(Lpwm2, OUTPUT);
80     stop_Robot();
81 }
```

Рисунок 3.8 – Налаштування пінів та ініціалізація компонентів робота на початку його роботи

Спочатку всі канали приймача встановлюються як вхідні піні, що дозволяє Arduino отримувати сигнали з приймача для подальшої обробки. Далі ініціалізується серійне з'єднання через `Serial.begin(9600)`, що забезпечує передачу даних між Arduino та іншими пристроями на швидкості 9600 бод.

Згодом налаштовуються піні, що керують напрямком обертання правих двигунів, а також для лівих двигунів, щоб забезпечити коректне управління рухом робота. Крім того, піні для ШІМ регулюють швидкість обертання двигунів і також налаштовуються як вихідні.

Наприкінці викликається функція для зупинки робота, яка вимикає двигуни, щоб зупинити рух.

Загалом, цей блок коду відповідає за початкову ініціалізацію усіх необхідних компонентів, щоб робот міг коректно функціонувати.

Цей фрагмент коду виконується в основному циклі програми `loop()`, де здійснюється зчитування сигналів з каналів приймача для управління рухом робота (рис. 3.9).

```
83 void loop() {  
84     ch1 = pulseIn(Channel1, HIGH, 25000);  
85     ch2 = pulseIn(Channel2, HIGH, 25000);  
86     ch3 = pulseIn(Channel3, HIGH, 25000);  
87     ch4 = pulseIn(Channel4, HIGH, 25000);  
88  
89     turnValue = map(ch1, 1082, 1910, -255, 255);  
90     turnValue = constrain(turnValue, -255, 255);  
91  
92     moveValue = map(ch2, 1082, 1910, -255, 255);  
93     moveValue = constrain(moveValue, -255, 255);
```

Рисунок 3.9 – Управління швидкістю двигунів

Зчитування ширини імпульсів з кожного каналу здійснюється за допомогою функції `pulseIn()`. Ці імпульси надходять на відповідні піні Arduino, що дозволяє

отримати значення для кожного каналу: `Channel1`, `Channel2`, `Channel3` і `Channel4`.

Для обробки отриманих даних використовуються функції `map()` та `constrain()`. Значення з каналу 1 перетворюється на діапазон від -255 до 255, що визначає напрямок руху робота – вперед або назад. Потім значення обмежується в межах цього діапазону, щоб запобігти помилкам при виконанні команд (рис. 3.10).

Аналогічно обробляється канал 2, перетворюючи значення в команду для руху робота вправо або вліво.

Отримані результати з двох каналів, а саме `turnValue` та `moveValue`, є основними для подальшого керування рухом робота в залежності від отриманих команд.

```

97 Serial.println("ch1: "+String(ch1)+ ", ch2: "+String(ch2)+ ", ch3: "+String(ch3)+ ", ch4: "+String(ch4));
98 if (moveValue>LOWER_STOP_RANGE_MOVE && moveValue<UPPER_STOP_RANGE_MOVE && turnValue>LOWER_STOP_RANGE_TURN && turnValue<UPPER_STOP_RANGE_TURN){
99     if(stop_state == false){
100         stop_Robot();
101         stop_state = true;
102         Serial.println("Stop Robot");
103     }
104 }
105 else if(turnValue>LOWER_STOP_RANGE_TURN && turnValue<UPPER_STOP_RANGE_TURN){
106     if(moveValue>UPPER_STOP_RANGE_MOVE){
107         go_Forward(moveValue);
108         stop_state = false;
109         Serial.println("Go Forward");
110     }
111     else if(moveValue<LOWER_STOP_RANGE_MOVE){
112         go_Backwad(abs(moveValue));
113         stop_state = false;
114         Serial.println("Go Backward");
115     }
116 }
117 else if(moveValue>LOWER_STOP_RANGE_MOVE && moveValue<UPPER_STOP_RANGE_MOVE){
118     if(turnValue>UPPER_STOP_RANGE_TURN){
119         turn_Right(turnValue);
120         stop_state = false;
121         Serial.println("Turn Right");
122     }
123     else if(turnValue<LOWER_STOP_RANGE_TURN){
124         turn_Left(abs(turnValue));
125         stop_state = false;
126         Serial.println("Turn Left");
127     }
128 }
129 delay(500);
130 }

```

Рисунок 3.10 – Обробка значень, отриманих від пульта управління

Цей фрагмент коду відповідає за обробку значень, отриманих від пульта управління, і керує рухом робота, виводячи інформацію в серійний монітор.

Спочатку, за допомогою функції `Serial.println()`, виводяться значення, зчитані з каналів приймача (`ch1`, `ch2`, `ch3`, `ch4`), що дозволяє моніторити значення цих параметрів в реальному часі. Закоментовані рядки можуть виводити значення для додаткових каналів і команд руху, але вони наразі не активні.

Далі програма перевіряє, чи знаходяться значення `moveValue` та `turnValue` в межах встановлених діапазонів зупинки (`LOWER_STOP_RANGE_MOVE` і `UPPER_STOP_RANGE_MOVE` для руху, а також `LOWER_STOP_RANGE_TURN` і `UPPER_STOP_RANGE_TURN` для поворотів). Якщо значення знаходяться в цих межах, і робот зараз не зупинений (тобто `stop_state == false`), викликається функція `stop_Robot()`, щоб зупинити роботу, і змінна `stop_state` встановлюється в `true`.

Якщо значення `moveValue` і `turnValue` виходять за межі зупинки, програма перевіряє напрямок руху робота. Якщо `turnValue` знаходиться в межах допустимого діапазону, але `moveValue` вказує на рух вперед, викликається функція `go_Forward()`, яка рухає робота вперед. Якщо ж `moveValue` вказує на рух назад, викликається функція `go_Backward()`.

Якщо значення для руху перебувають в межах допустимих значень, програма перевіряє повороти робота. Якщо `turnValue` вказує на поворот праворуч, викликається функція `turn_Right()`, а якщо ліворуч – функція `turn_Left()`.

В кінці кожного з цих блоків програма виводить повідомлення про виконану дію в серійний монітор і встановлює стан зупинки в `false`, щоб подальші команди руху могли бути виконані.

Завдяки функції `delay(500)` програма робить паузу між циклічними операціями, щоб зменшити навантаження на систему та забезпечити стабільність роботи.

Ці функції відповідають за управління рухом робота вперед і назад (рис. 3.11).

```

130 void go_Backwad(int mspeed){
131     if(robotControlState!=1 || last_mspeed!=mspeed){
132         SetMotors(1);
133         analogWrite(Rpwm1, 0);
134         analogWrite(Lpwm1, mspeed);
135         analogWrite(Rpwm2, mspeed);
136         analogWrite(Lpwm2, 0);
137         robotControlState=1;
138         last_mspeed=mspeed;
139     }
140 }
141
142 void go_Forward(int mspeed){
143     if(robotControlState!=2 || last_mspeed!=mspeed){
144         SetMotors(1);
145         analogWrite(Rpwm1, mspeed);
146         analogWrite(Lpwm1, 0);
147         analogWrite(Rpwm2, 0);
148         analogWrite(Lpwm2, mspeed);
149         robotControlState=2;
150         last_mspeed=mspeed;
151     }
152 }

```

Рисунок 3.11 – Управління рухом робота вперед і назад

Функція для руху назад перевіряє, чи не змінився стан роботи або швидкість. Якщо потрібно, вона посилає сигнали на двигуни для забезпечення руху назад: ліва частина рухається вперед, а права – назад. Після цього оновлюється стан робота і зберігається нова швидкість.

Функція для руху вперед виконує подібну перевірку стану та швидкості. Якщо потрібно, налаштовуються двигуни для руху вперед: ліва частина рухається вперед, а права – назад. Після цього також оновлюється стан робота та зберігається поточна швидкість.

Обидві функції використовують широтно-імпульсну модуляцію для контролю швидкості двигунів і керують їх роботою за допомогою функції, яка відповідає за живлення двигунів відповідно до поточної команди.

Функція `turn\_Right` виконує поворот робота праворуч. Вона працює подібно до попередньої, але в цьому випадку ліва частина робота рухається вперед, а права – назад. Стан робота і швидкість зберігаються, якщо вони змінилися (рис. 3.12).

```

154 void turn_Left(int mspeed){
155     if(robotControlState!=3 || last_mspeed!=mspeed){
156         SetMotors(1);
157         analogWrite(Rpwm1, mspeed);
158         analogWrite(Lpwm1, 0);
159         analogWrite(Rpwm2, mspeed);
160         analogWrite(Lpwm2, 0);
161         robotControlState=3;
162         last_mspeed=mspeed;
163     }
164 }
165
166 void turn_Right(int mspeed){
167     if(robotControlState!=4 || last_mspeed!=mspeed){
168         SetMotors(1);
169         analogWrite(Rpwm1, 0);
170         analogWrite(Lpwm1, mspeed);
171         analogWrite(Rpwm2, 0);
172         analogWrite(Lpwm2, mspeed);
173         robotControlState=4;
174         last_mspeed=mspeed;
175     }
176 }

```

Рисунок 3.12 – Управління поворотом робота

Функція `turn\_Left` відповідає за поворот робота вліво. Вона спочатку перевіряє, чи змінився стан управління роботом або швидкість. Якщо так, то активує двигуни для здійснення повороту: права частина рухається вперед, а ліва – назад. Також оновлюється стан робота, і зберігається нова швидкість руху.

Функція `SetMotors` керує включенням або вимиканням моторів робота залежно від переданого параметра `controlCase` (рис. 3.13). Якщо значення `controlCase` дорівнює 1, то всі моторні канали включаються (подається сигнал HIGH). Якщо ж значення `controlCase` дорівнює 2, то мотори вимикаються (подається сигнал LOW). Це дозволяє регулювати роботу моторів залежно від потрібного стану.

```

178 void SetMotors(int controlCase){
179     switch(controlCase){
180         case 1:
181             digitalWrite(MotorRight_R_EN, HIGH);
182             digitalWrite(MotorRight_L_EN, HIGH);
183             digitalWrite(MotorLeft_R_EN, HIGH);
184             digitalWrite(MotorLeft_L_EN, HIGH);
185             break;
186         case 2:
187             digitalWrite(MotorRight_R_EN, LOW);
188             digitalWrite(MotorRight_L_EN, LOW);
189             digitalWrite(MotorLeft_R_EN, LOW);
190             digitalWrite(MotorLeft_L_EN, LOW);
191             break;
192     }
193 }
194
195 void stop_Robot(){
196     if(robotControlState!=0){
197         analogWrite(Rpwm1, 0);
198         analogWrite(Lpwm1, 0);
199         analogWrite(Rpwm2, 0);
200         analogWrite(Lpwm2, 0);
201         robotControlState = 0;
202     }
203 }

```

Рисунок 3.13 – Управління швидкістю двигунів

Функція `stop_Robot` зупиняє роботу, встановлюючи всі моторні сигнали в нульові значення. Вона також оновлює стан робота (`robotControlState`) на 0, що вказує, що робот знаходиться в стані зупинки. При цьому використовуються функції `analogWrite` для зупинки моторів, встановлюючи значення швидкості на 0.

3.3 Висновки до третього розділу

У процесі розробки робота-розвідника було реалізовано ключові етапи, що забезпечують його функціональність, автономність і надійність. Створено оптимальну конструкцію, яка поєднує легкість, міцність і маневреність. Особливу увагу приділено інтеграції рушійного модуля та корпусу, що дозволяє роботу працювати в різних умовах, включаючи складний рельєф і обмежені простори.

Розроблено програмне забезпечення для керування роботом, яке базується на алгоритмах навігації, обробки даних із датчиків і дистанційного керування. Впроваджено систему комунікації між роботом і оператором для передачі даних у режимі реального часу. Це дозволяє роботу швидко реагувати на зміни середовища та забезпечує високий рівень ефективності під час виконання завдань.

Забезпечено енергоефективність завдяки використанню відповідних електронних компонентів, включаючи мікроконтролери та двигуни, що дозволяє збільшити автономність роботи. Робот успішно інтегрує сучасні технології, такі як штучний інтелект і машинне навчання, що дає йому змогу виконувати завдання без постійного втручання оператора.

Розроблений робот-розвідник відповідає вимогам сучасних технологій, демонструє високий рівень адаптивності й ефективності та має широкий потенціал для застосування в різних сферах.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних небезпек під час розробки

При розробці програмного модуля для наземного робота, що призначений для розвідувальних дій у надзвичайних ситуаціях, важливо враховувати різноманітні потенційні небезпеки, пов'язані з роботою за комп'ютером та умовами праці [16–19]. Однією з основних проблем є ризик фізичного та психологічного перенапруження через тривале використання комп'ютера. Це може призвести до м'язових болів у спині та шиї, втоми і зниження працездатності, що є наслідком низької фізичної активності, неправильного положення під час сидіння і довготривалого використання комп'ютерного обладнання.

Іншою важливою проблемою є ергономіка робочого місця. Неправильне розташування робочого місця, зокрема крісла та монітора, а також відсутність підставки для зап'ястя або неправильне розташування клавіатури і миші можуть спричинити м'язові напруження та дискомфорт, зокрема в спині. Для мінімізації таких проблем необхідно організовувати робоче місце згідно з ергономічними вимогами.

Незадовільні умови праці також є серйозною загрозою для здоров'я. До таких умов можна віднести недостатнє освітлення, неправильний температурний режим, погану вентиляцію та шумове забруднення. Низька якість освітлення спричиняє напругу в очах, а відсутність належної вентиляції може погіршити якість повітря, що може призвести до проблем із диханням.

Психофізіологічні навантаження, що виникають через тривалу роботу за комп'ютером, також не можна ігнорувати. Підвищений стрес, зорове

перенапруження, головні болі і втома – це типові наслідки тривалих годин роботи без перерв. Для запобігання цих негативних ефектів рекомендується здійснювати регулярні перерви, виконувати вправи для очей і застосовувати релаксаційні техніки.

Не менш важливим є дотримання вимог електробезпеки під час роботи з комп'ютерним обладнанням. Для запобігання пожежам і електричним ураженням необхідно використовувати справні електроприлади, перевіряти електричні мережі та забезпечити належну вентиляцію для запобігання перегріву пристроїв.

Ризик травм, пов'язаних з повторюваними навантаженнями, також не варто забувати. Часте використання клавіатури та миші може призвести до захворювань, таких як тунельний синдром або болі в шії та плечах. Для цього варто використовувати ергономічні пристрої, робити перерви та виконувати вправи для розслаблення м'язів.

Ще одним фактором, що потребує уваги, є потенційний вплив електромагнітних полів від комп'ютерної техніки. Хоча цей ризик мінімальний, варто дотримуватись стандартів безпеки та розташовувати робоче місце на безпечній відстані від джерел таких полів.

Щоб забезпечити безпеку під час розробки програмного модуля та роботи з комп'ютерним обладнанням, важливо дотримуватися вимог, встановлених відповідними нормативними документами і стандартами. Застосування заходів безпеки, таких як організація належного робочого місця, перерви для відпочинку і розтяжки, використання захисного обладнання, дозволить знизити ризики та забезпечити здоров'я працівників.

Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що для запобігання небезпекам під час розробки програмного модуля необхідно вживати конкретних заходів безпеки, що допоможуть зберегти здоров'я і забезпечити ефективність роботи.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки під час розробки

У процесі аналізу потенційних небезпек були виявлені ризики, які потребують уваги та відповідних заходів для їх усунення. Згідно з вимогами нормативних документів, для зменшення цих ризиків необхідно вжити конкретних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

Зокрема, згідно з НПАОП 0.00-1.28-10 "Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин", були прийняті заходи для поліпшення ергономічних умов праці. Одним із важливих аспектів є правильне розташування обладнання на робочому місці. Це має бути зроблено так, щоб зручність використання не створювала зайвого навантаження на працівника. Також важливо, щоб робоче місце забезпечувало достатньо простору для виконання завдань, а розташування обладнання та матеріалів не обмежувало рухів і не створювало перешкод для роботи.

Додатково, згідно з вимогами ДБН В.2.5-28-2006 "Норми проектування робочих місць", враховано необхідність правильного розташування моніторів. Вони повинні знаходитися на відстані 50–70 см від очей працівника, що дозволяє зручно бачити інформацію без перенапруження зору. Меблі, такі як стільці та столи, повинні мати регульовану висоту, щоб працівники могли налаштувати їх відповідно до своїх потреб. Це сприяє підтриманню правильної пози та забезпеченню комфортного положення тіла під час роботи.

Таким чином, дотримання вимог щодо організації робочих місць і умов праці дозволяє значно знизити потенційні ризики, що можуть виникати в процесі роботи з комп'ютерним обладнанням.

4.3 Висновки до четвертого розділу

У розділі було проаналізовано заходи для забезпечення безпеки під час експлуатації робота-розвідника та його вплив на навколишнє середовище і людину. Особливу увагу приділено дотриманню норм і стандартів безпеки, що мінімізують ризики для оператора та оточення.

Було розглянуто потенційні небезпеки, пов'язані з роботою пристрою, зокрема ризики від електричних компонентів, рухомих частин і впливу на довкілля. Запропоновано заходи для їх усунення, включаючи використання захисних кожухів, ізоляцію електричних систем і впровадження систем автоматичного відключення в разі аварій.

Окремо проаналізовано правила безпечного використання робота в умовах надзвичайних ситуацій, таких як пожежі, вибухи чи хімічне забруднення. Рекомендовано оснащувати робот системами моніторингу небезпечних факторів та забезпечувати дистанційне керування, що дозволяє уникнути прямої участі людей у небезпечних зонах.

Таким чином, дотримання розроблених рекомендацій забезпечує безпечну експлуатацію робота-розвідника, захист оператора та мінімізацію впливу на довкілля навіть у складних і надзвичайних умовах.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було розроблено наземного робота, призначеного для виконання розвідувальних завдань під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Процес його розробки включав інтеграцію різноманітних компонентів, що забезпечили ефективність і надійність його роботи.

Ключовим елементом конструкції став апаратний компонент, зокрема роботизована платформа або шасі. Цей елемент визначав механічну структуру робота, його здатність до руху та маневреності на різних поверхнях. Розробка стабільної та адаптивної платформи була критично важливою для гарантування надійності і функціональності робота у складних умовах.

Для забезпечення точного керування роботом була обрана система управління на базі мікроконтролера Arduino Mega 2560. Це дозволило здійснювати контроль над рухами робота з високою точністю, забезпечуючи його ефективну роботу в реальному часі.

Для збору даних про навколишнє середовище використовувалася відеокамера, яка надавала можливість здійснювати візуальний моніторинг ситуації. Отримані зображення передавалися на віддалені пристрої для подальшого аналізу та прийняття рішень.

Компоненти зв'язку забезпечували передачу зібраної інформації і прийом команд з віддаленого пульта управління. Це дозволяло здійснювати оперативний моніторинг і керування роботом в реальному часі, що особливо важливо в умовах надзвичайних ситуацій.

Завдяки інтеграції цих технологій вдалося створити ефективну та надійну систему для проведення розвідувальних дій, що сприяє більш швидкому реагуванню під час ліквідації надзвичайних ситуацій.

Напрямами подальших досліджень в цій галузі може бути розробка математичних моделей задач оптимізації варіантів побудови роботів-розвідників за множиною показників.

Отримані результати роботи можна віднести до Цілей сталого розвитку 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», а саме, до пункту 9.4 «Сприяти прискореному розвитку високо- та середньовисокотехнологічних секторів переробної промисловості, які формуються на основі використання ланцюгів «освіта – наука – виробництво» та кластерного підходу за напрямами: розвиток інноваційної екосистеми; розвиток інформаційно-телекомунікаційних технологій (ІКТ); застосування ІКТ в АПК, енергетиці, транспорті та промисловості; високотехнологічне машинобудування; створення нових матеріалів; розвиток фармацевтичної та біоінженерної галузей».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. 29 с.

2. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» загальна характеристика : навч. посіб. / Харків: ХНУРЕ, 2021. 55 с.

3. І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» загальна характеристика: навч. посібник /. Київ, 2018. 320 с.

4. Щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій за допомогою робототехнічних комплексів // URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/14540/1/15.pdf> (дата звернення : 20.12.2024).

5. 10 Most Advanced Military Robots // URL: <https://justtotaltech.com/military-robots/> (дата звернення : 21.12.2024 р.).

6. Наземні бойові роботи: лідери та Україна. // URL: https://lb.ua/news/2021/11/17/498795_nazemni_boyovi_roboti_lideri.html (дата звернення : 21.12.2023).

7. Наземні роботизовані комплекси: основи та майбутнє // URL: <https://www.molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/2432/2417> (дата звернення : 21.12.2024).

8. Мобільні роботи: можливості, перспективи, проблеми. // URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/47238802.pdf> (дата звернення 22.12.2024).

9. Титан метал. Властивості і застосування. // URL: <https://zlotystudent.com.ua/titan-metal-vlastivosti-i-zastosuvannya/> (дата звернення 23.12.2024).

10. Autodesk Fusion 360 - Sketch - Швидко та легко. // URL: <https://grabcad.com/tutorials/autodesk-fusion-360-sketch> (дата звернення: 24.12.2024).

11. Сайт Arduino.ua Плати Arduino Mega 2560. // URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560> (дата звернення 24.12.2024 р.)

12. Що таке Ардуїно // URL: <https://vseplus.com/ua/article/cto-takoe-arduino-783> (дата звернення: 24.12.2024).

13. Програмування на Arduino. // URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/> (дата звернення: 25.12.2024 р.).

14. Arduino Integrated Development Environment. // URL: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics> (дата звернення: 25.12.2024).

15. Будова та принцип роботи сервоприводу.. // URL: <https://radiomodel.in.ua/budova-ta-printsip-roboti-servoprivodu/> (дата звернення: 25.12.2024).

16. Норми проектування робочих місць. // URL: https://dnaop.com/html/2032/doc-%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.5-28-2006 (дата звернення: 26.12.2024).

17. «Безпека життєдіяльності» загальна характеристика: навч. посібник / Т.Є. Стищенко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. Харків: ХНУРЕ, 2018. 336 с.
18. Розвиток питань енергоефективності у ДБН В. 2.5-28: 2018 «Природне і штучне освітлення» / В. Єгорченков, Л. Коваль, Д. Радомцев, О. Сергейчук // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2019. Вип. 12. С. 7–19.
19. Булатов В. А. Переваги забезпечення комфортного мікроклімату на робочому місці дизайнера для людей з особливими потребами // Теорія та практика дизайну. 2021. Вип. 23. С. 79-87.
20. Beskorovainyi V. V., Petryshyn L. B., Shevchenko O. Yu. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. 2020. Vol. 3. No.1. P. 443–455. URL: <https://aait.op.edu.ua/?fetch=articles&with=info&id=40> (дата звернення: 16.12.2020).
21. Beskorovainyi V. Combined method of ranking options in project decision support systems // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2020. No 4 (14). P. 13–20. URL: <http://journals.uran.ua/itssi/article/view/ITSSI.2020.14.013> (дата звернення: 16.12.2024).
22. Beskorovainyi V., Kolesnyk L., Chinwi Mgbere Dr. Mathematical models for determining the Pareto front for building technological processes options under the conditions of interval presentation of local criteria // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2023. No. 2 (24). P. 16–26. URL: <https://www.itssi-journal.com/index.php/itssi/article/view/386> (дата звернення: 16.12.2024).
23. Bezkorovainyi V., Kolesnyk L., Gopejenko V., Kosenko V. The method of ranking effective project solutions in conditions of incomplete certainty // Advanced Information Systems, 2024. v. 8, no 2. P 27–38. URL: <http://ais.khpi.edu.ua/article/view/305462/297067> (дата звернення: 16.12.2024).

24. Ціль 9. Промисловість, інновації та інфраструктура // Diia business, 2024.

URL: https://business.diia.gov.ua/entrepreneur-handbook/item/cil_9_promislovist_innovaciyi_ta_infrastruktura (дата звернення: 15.12.2024).