

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Прототип роботизованої техніки з використанням Arduino
Назва теми

КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-21-3


Підпис

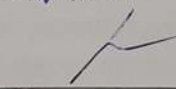
Вадим ШУТЬКО
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем


Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

«19» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

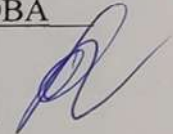
Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.



**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Вадиму ШУТЬКУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Прототип роботизованої техніки з використанням Arduino

Керівник проекту (роботи) Ольга ПАВЛОВА, д.ф., доцент.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Аналіз та дослідження сучасних мобільних роботизованих систем

Проектування прототипу роботизованої техніки на базі arduino

Створення прототипу роботизованої техніки на базі arduino та реалізація програмного

забезпечення

керування

НИМ

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Веб інтерфейс для управління

Блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення

Функціональні та нефункціональні вимоги

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання

« 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз та дослідження сучасних мобільних роботизованих систем	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – проектування прототипу роботизованої техніки на базі arduino	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – створення прототипу роботизованої техніки на базі arduino та реалізація програмного забезпечення керування ним	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Керівник роботи

Підпис

Вадим ШУТЬКО
Ініціали, прізвище

Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Прототип роботизованої техніки з використанням Arduino».

Автор роботи: Вадим Шутько.

Керівник роботи: Павлова Ольга Олександрівна.

Пояснювальна записка: 56 с., 25 рис., 1 табл., 3 дод., 47 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

РОБОТИЗОВАНА ТЕХНІКА, ARDUINO, АРХІТЕКТУРА, МОНІТОРИНГ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка прототипу роботизованої техніки з системою керування на базі Arduino та веб-орієнтованим інтерфейсом.

Об'єктом дослідження є процес створення роботизованої техніки з використанням мікроконтролерів Arduino.

Предметом дослідження є система керування роботизованою технікою через веб-орієнтований інтерфейс на основі Arduino.

Для досягнення поставленої мети застосовуються такі методи дослідження, як методи аналізу, синтезу та моделювання процесів, принципи системного підходу, а також програмування мікроконтролерів.

Практичне значення полягає у створенні та реалізації прототипу роботизованої техніки з програмно-технічною системою керування на базі Arduino, що забезпечує віддалене керування через веб-інтерфейс.


Підпис студента

30.05.2025

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ	6
1.1 Вступ до робототехніки: історія та сучасні тенденції	6
1.2 Типи роботизованої техніки	10
1.3 Arduino як платформа для створення роботизованих систем.....	14
1.4 Приклади та аналіз військових роботизованих платформ.....	16
1.5 Апаратура і модулі, що використовуються з Arduino у робототехніці	19
1.6 Переваги та обмеження платформи Arduino для робототехніки	22
1.7 Висновок до розділу	24
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОТОТИПУ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ НА БАЗІ ARDUINO	25
2.1 Апаратне середовище реалізації.....	25
2.2 Функціональні вимоги	28
2.3 Нефункціональні вимоги	31
2.4. Вибір методів та середовища для реалізації програмного забезпечення	34
2.5 Висновки до розділу.....	38
3 СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ НА БАЗІ ARDUINO ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРУВАННЯ НИМ	40
3.1 Створення схеми та підключення компонентів	40
3.2 Закупівля матеріалів.....	42
3.3 Проектування корпусу та його створення	45
3.4. Програмна реалізація	48
3.5 Тестування та налагодження прототипу	56
3.6 Висновок до розділу	57

КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ				
Зм.	Арк.	Недокум.	Піліпис	Дата
Виконав		Вадим Шутько	<i>[Signature]</i>	<i>[Date]</i>
Перевір.		Ольга ПАВЛОВА	<i>[Signature]</i>	
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ	<i>[Signature]</i>	<i>[Date]</i>
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА	<i>[Signature]</i>	<i>[Date]</i>
Прототип роботизованої техніки з використанням Arduino. Пояснювальна записка				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		у	2	72
ХНУ КІ2-21-3				

ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТОК А	68
ДОДАТОК Б	69
ДОДАТОК В	70

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний світ стрімко змінюється під впливом новітніх технологій, серед яких особливе місце займає робототехніка. Системи автоматизованого управління, здатні самостійно виконувати низку завдань, все ширше застосовуються у промисловості, сільському господарстві, медицині, логістиці, а також у військовій справі. Одним з перспективних напрямів є створення автономних мобільних платформ, які можуть діяти у складних умовах, замінюючи людину під час виконання небезпечних завдань.

Одночасно з розвитком професійної робототехніки виникає потреба у створенні прототипів - доступних моделей, які дозволяють апробувати ті чи інші рішення, проводити експерименти, розвивати навички проектування та програмування. Arduino – одна з найпоширеніших платформ для розробки таких прототипів завдяки відкритому коду, широкій підтримці в спільноті та сумісності з численними модулями, датчиками та засобами керування. Ця платформа дає змогу реалізовувати роботизовані системи навіть на базовому рівні, що особливо актуально в умовах обмежених ресурсів.

У військовій галузі використання роботизованої техніки відкриває нові можливості для ведення вогня, розвідки, патрулювання, евакуації поранених або транспортування вантажів. Безпілотна роботизована платформа є складною багатофункціональною системою, яка в умовах бойових дій виконує вирішальні завдання. Створення прототипу на базі доступних компонентів дозволяє моделювати поведінку такої платформи, відпрацьовувати алгоритми керування, проводити навчання та тестування в безпечному середовищі.

Актуальність теми полягає у необхідності розробки функціональних прототипів, які можна використати у дослідницьких або навчальних цілях. Враховуючи наявність широкого вибору недорогих електронних компонентів та відкритих програмних рішень, розробка прототипу роботизованої техніки на базі Arduino є дешевою та простою у модифікації та реалізації рішень.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою даної дипломної роботи є створення прототипу роботизованої платформи, яка буде здійснювати керований рух, передавати зображення в реальному часі, а також виконувати базову обробку даних від сенсорів.

Для досягнення поставленої мети сформульовано основні завдання, які включають аналіз сучасних розробок у сфері мобільних роботизованих систем, обґрунтування вибору апаратного забезпечення та програмної платформи, проектування та збирання апаратної частини прототипу, реалізацію програмного забезпечення для дистанційного керування й відеотрансляції, а також визначення напрямків подальшого вдосконалення створеної моделі.

Об'єктом дослідження є процес створення мобільної роботизованої системи, здатної до автономної або дистанційної роботи.

Предметом дослідження виступають технічні та програмні рішення, що забезпечують функціонування платформи на базі Arduino з можливістю передачі відео і збору даних.

Методи дослідження, застосовані у роботі, включають аналіз технічної документації, порівняння існуючих підходів, практичне проектування електронних схем, написання програмного коду, збирання пристрою та його тестування у лабораторних умовах.

Таким чином, обрана тема є не лише актуальною, а й практично значущою, оскільки її реалізація дозволяє отримати реальний результат у вигляді функціонального прототипу, придатного як для подальших наукових досліджень, так і для використання у сфері технічної освіти.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

1.1 Вступ до робототехніки: історія та сучасні тенденції

Робототехніка як науково-технічна галузь сформувалася в середині ХХ століття, хоча її витoki простежуються ще з античних часів. Уже в давнину інженери створювали механічні пристрої, здатні виконувати прості дії, які можна вважати прообразами сучасних роботів.

Наприклад, у Стародавній Греції та Китаї існували автомати, такі як механічні ляльки чи пристрої для виконання ритуальних функцій, що демонстрували зародки автоматизації. Проте справжній якісний стрибок у розвитку робототехніки відбувся лише в ХХ столітті, коли технологічний прогрес і потреби індустріалізації зумовили необхідність автоматизації складних виробничих процесів і розширення можливостей людини в екстремальних або небезпечних умовах, таких як космічні дослідження, глибоководні роботи чи операції в зонах підвищеного ризику.

Термін «робот» увійшов у вжиток у 1921 році завдяки чеському письменнику Карелу Чапеку, який використав його у своїй п'єсі «R.U.R.» (Rossumovi Univerzální Roboti), де слово «робот» походить від чеського «robota», що означає «праця» або «примусова робота». Ця п'єса не лише популяризувала термін, але й підняла питання про роль машин у суспільстві. У 1942 році письменник-фантаст

Айзек Азімов сформулював три закони робототехніки, які стали етичним і філософським фундаментом для взаємодії людини з автономними машинами, визначаючи принципи безпеки, слухняності та самозбереження роботів. У 1948 році Норберт Вінер заклав основи кібернетики – науки про управління, зв'язок і обробку інформації в живих організмах і машинах. Ця дисципліна стала теоретичною базою для розвитку систем автоматичного управління, які лежать в основі сучасної робототехніки. Завдяки цим ключовим подіям та ідеям

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робототехніка почала стрімко розвиватися, відкриваючи нові горизонти для технологічних інновацій і практичного застосування.

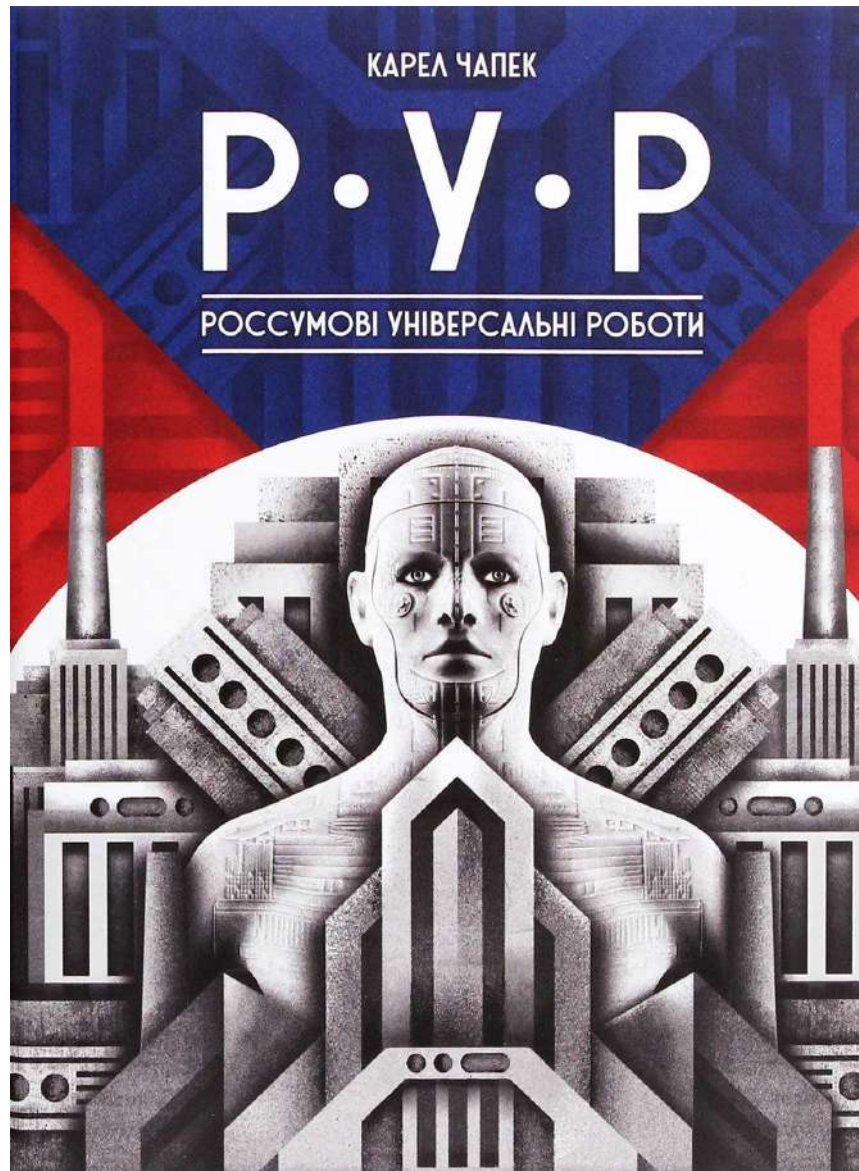


Рисунок 1.1 – Обкладинка книги «Р.У.Р.» [1]

Перший програмований промисловий робот Unimate був встановлений у 1961 році і використовувався для підняття гарячих металевих деталей на заводах, що ознаменувало початок ери автоматизації виробництва. У 1950-70-х роках з'явилися перші роботизовані маніпулятори, системи технічного зору та мобільні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ

Арк.
7

роботи, які могли створювати карти простору і орієнтуватися в ньому, що значно розширило можливості робототехніки.



Рисунок 1.2 – Вигляд першого програмованого промислового робота “Unimate” від kawasaki [2]

Сучасні роботи застосовуються у багатьох галузях: від промисловості, де вони виконують точні, швидкі та повторювані завдання, до медицини, де роботизовані системи допомагають у хірургії, реабілітації та діагностиці. У сільському господарстві роботи автоматизують посів, збір урожаю, моніторинг стану ґрунту і рослин. У логістиці роботизовані платформи оптимізують складські процеси і доставку товарів.

Особливе значення мають мобільні роботизовані платформи, здатні працювати в складних і небезпечних умовах, збирати інформацію, виконувати розвідку та патрулювання. У військовій сфері вони використовуються для евакуації

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

поранених, дистанційного керування бойовою технікою, а також для автономного виконання бойових завдань, що знижує ризики для особового складу.

Завдяки стрімкому розвитку електроніки, мікропроцесорної техніки, штучного інтелекту та сенсорних систем, сучасні роботи стають дедалі більш автономними, адаптивними та універсальними. Вони можуть аналізувати великі обсяги даних, приймати рішення в реальному часі та взаємодіяти з людьми і іншими машинами у складних середовищах.

Робототехніка також активно інтегрується з іншими передовими технологіями, такими як безпілотні літальні апарати, системи доповненої реальності, інтернет речей і великі дані, що відкриває нові горизонти для створення інтелектуальних комплексів і систем майбутнього.



Рисунок 1.3 – безпілотний літальний апарат від DJI [3]

Таким чином, робототехніка стала невід’ємною частиною сучасного технологічного прогресу, що трансформує промисловість, медицину, оборону та повсякденне життя, відкриваючи нові можливості для розвитку людства.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.2 Типи роботизованої техніки

Роботизована техніка вирізняється широким спектром призначень, конструктивних рішень і функціональних можливостей, що забезпечує її ефективне використання в різноманітних сферах людської діяльності, від промислового виробництва до побутових і дослідницьких застосувань. Залежно від специфіки використання, технічних характеристик і основних функцій, роботизовану техніку поділяють на кілька основних категорій, кожна з яких має унікальні особливості та призначення.

Промислові роботи є найпоширенішим типом роботизованої техніки, що застосовується переважно в автоматизації виробничих процесів. Вони являють собою програмовані маніпулятори або роботизовані системи, які виконують широкий спектр операцій, таких як зварювання, фарбування, складання, пакування, транспортування деталей і матеріалів, а також обробка поверхонь.

Промислові роботи можуть бути спеціалізованими, призначеними для виконання однієї конкретної задачі з високою точністю, наприклад, точкового зварювання на автомобільних заводах, або універсальними, здатними адаптуватися до різних видів робіт завдяки модульним інструментам і програмним налаштуванням.

Ці роботи оснащуються різноманітними інструментами, такими як зварювальні пальники, вакуумні захоплювачі чи прецизійні маніпулятори, а також датчиками (оптичними, ультразвуковими, тактильними), які забезпечують точне позиціонування та контроль якості.

Застосування промислових роботів значно підвищує продуктивність, знижує витрати на робочу силу та покращує якість продукції завдяки високій точності та повторюваності операцій. Вони широко використовуються в автомобільній, електронній, харчовій та інших галузях промисловості, де потрібна автоматизація повторюваних або небезпечних для людини процесів.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Промислові роботи, виробничі роботи маніпулятори [4]

Сервісні роботи призначені для виконання завдань, пов'язаних з обслуговуванням людей і навколишнього середовища. Вони широко застосовуються у побуті (наприклад, роботи-пилососи, роботи для миття підлоги, роботи-садівники), у сфері доставки, прибирання, охорони, а також у медичній та соціальній сферах. Сервісні роботи можуть бути автономними або дистанційно керованими, що дозволяє їм виконувати рутинні або складні завдання, замінюючи людину у небезпечних або монотонних процесах.

Мобільні роботи являють собою автономні або дистанційно керовані платформи, здатні пересуватися в різноманітних просторових середовищах, що робить їх універсальними інструментами для виконання завдань у динамічних умовах. Вони поділяються на кілька типів залежно від середовища функціонування: наземні (колісні або гусеничні платформи), повітряні (безпілотні літальні апарати, дрони), підводні (автономні підводні апарати) або спеціалізовані полярні моделі, пристосовані для роботи в екстремальних умовах, таких як низькі температури чи високий тиск.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Мобільні роботи застосовуються в широкому спектрі сфер, включаючи інспекцію інфраструктури, ремонт обладнання, доставку вантажів, розвідку, моніторинг навколишнього середовища, а також у військових цілях, таких як виявлення загроз або патрулювання. Їхня універсальність полягає в здатності адаптуватися до різних середовищ і виконувати різноманітні завдання завдяки модульним конструкціям і програмованим системам управління.

Оснащені сенсорами, камерами та модулями зв'язку, ці роботи можуть працювати автономно або під керуванням оператора, що забезпечує гнучкість у сценаріях використання. Наприклад, наземні мобільні роботи часто використовують ультразвукові датчики або LIDAR для навігації, тоді як дрони можуть бути оснащені GPS-модулями для точного позиціонування.



Рисунок 1.5 – TinyMobileRobots – мобільні роботи для розбивки [5]

Військові роботи включають безпілотні літальні апарати (БПЛА), наземні роботизовані платформи, підводні роботи та інші спеціалізовані системи. Вони застосовуються для розвідки, патрулювання, доставки вантажів, розмінування, а

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

також безпосередньої участі у бойових операціях. Військові роботи можуть бути як автономними, так і керованими дистанційно, оснащені системами штучного інтелекту та спеціальними датчиками для виконання складних тактичних завдань.



Рисунок 1.6 – Безпілотний військовий робот Ironclad [6]

Освітні та експериментальні роботи призначені для навчання, досліджень і розробок у сфері робототехніки. Вони часто базуються на відкритих платформах, таких як Arduino, Raspberry Pi та інші, що дозволяє студентам і науковцям експериментувати з різними алгоритмами управління, датчиками та виконавчими механізмами. Ці роботи допомагають у підготовці фахівців, розробці нових технологій та тестуванні інноваційних рішень.

Загалом, мобільні роботизовані платформи здобули особливу популярність завдяки своїй універсальності та здатності виконувати різноманітні завдання у різних сферах – від промисловості до побуту і військової справи. Вони поєднують у собі можливості автономного пересування, адаптації до навколишнього середовища та інтеграції з сучасними системами управління, що робить їх невід’ємною частиною сучасної робототехніки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таким чином, класифікація роботизованої техніки охоплює широкий спектр пристроїв, кожен з яких має свої особливості, переваги та сфери застосування, що дозволяє ефективно вирішувати різноманітні завдання сучасного виробництва, обслуговування, досліджень та безпеки.

1.3 Arduino як платформа для створення роботизованих систем

Arduino – це відкритий апаратно-програмний комплекс, який включає мікроконтролерні плати, спеціалізоване середовище розробки (Arduino IDE) та широкий набір бібліотек для програмування, що забезпечують простоту створення електронних систем. Від моменту свого створення у 2005 році в Італії Arduino став одним із найпопулярніших інструментів для розробки прототипів, навчальних проєктів, а також інноваційних рішень у галузі електроніки, робототехніки та автоматизації.

Його популярність зумовлена унікальним поєднанням простоти використання, гнучкості, доступної вартості та широких можливостей, що робить платформу привабливою як для початківців, які лише починають вивчати основи програмування та електроніки, так і для досвідчених розробників, які створюють складні системи.

Завдяки активній глобальній спільноті користувачів платформа постійно розвивається, поповнюючись новими бібліотеками, модулями та навчальними ресурсами, доступними через офіційні форуми, репозиторії GitHub і спеціалізовані сайти. Arduino підтримує інтеграцію з сучасними технологіями, такими як Інтернет речей (IoT), що дозволяє створювати розумні пристрої, наприклад, системи моніторингу навколишнього середовища, розумні будинки або автономні роботизовані платформи. Широкий вибір сумісних датчиків (ультразвукових, температурних, газових) і виконавчих механізмів (двигунів, сервоприводів, реле) забезпечує можливість реалізації різноманітних проєктів, від простих світлодіодних систем до складних робіт із елементами штучного інтелекту.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 – Плати Arduino різних версій [7]

Основою платформи є мікроконтролерна плата, яка містить мікроконтролер (найчастіше серії Atmel AVR), елементи вводу/виводу, живлення та інтерфейси для підключення різних датчиків, виконавчих пристроїв і модулів. Плата Arduino має компактні розміри, низьке енергоспоживання, пасивне охолодження та відносно невисоку вартість, що робить її зручною для використання в різних проектах.

Середовище розробки Arduino IDE є безкоштовним і кросплатформним, що дозволяє писати, компілювати та завантажувати програми на плату. Програмування здійснюється мовою, базованою на C/C++, з інтуїтивно зрозумілим синтаксисом, що полегшує освоєння навіть для новачків. Окрім традиційної мови, зараз також доступне програмування Arduino за допомогою Python, що значно розширює аудиторію користувачів.

Arduino широко використовується для створення як простих, так і складних роботизованих систем. Від базових рухомих платформ, що можуть виконувати прості рухові завдання, до автономних роботів з сенсорним обладнанням, системами обробки даних та зв'язку. Платформа дозволяє інтегрувати різноманітні датчики (світла, звуку, температури, вологості, відстані тощо), виконавчі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

механізми (моторчики, серводвигуни, реле) і комунікаційні модулі (Wi-Fi, Bluetooth, GSM), що відкриває широкі можливості для реалізації інтелектуальних робототехнічних проєктів.

Завдяки своїй відкритості, простоті та гнучкості, Arduino стала не лише інструментом для аматорського конструювання, а й платформою для навчання електроніці, програмуванню та розробці інноваційних технологій у промисловості, медицині, освіті та інших сферах. Вона допомагає розвивати творчість, технічні навички і дає змогу втілювати найрізноманітніші ідеї в життя.

Таким чином, Arduino є універсальним і потужним інструментом для створення роботизованих систем, що поєднує в собі доступність, простоту та широкий функціонал.

1.4 Приклади та аналіз військових роботизованих платформ

Сучасний ринок військових роботизованих платформ активно розвивається у всьому світі, адже безпілотні наземні комплекси стають ключовими елементами сучасних збройних сил. Вони виконують широкий спектр завдань: від розвідки і доставки вантажів до вогневої підтримки та забезпечення безпеки особового складу.

Військові роботизовані системи постійно вдосконалюються, інтегруючи передові технології штучного інтелекту, автономного керування, бездротового зв'язку та високоточних озброєнь. Розробки ведуться як великими оборонними корпораціями, так і стартапами, що дозволяє створювати різноманітні платформи, від легких розвідувальних роботів до броньованих бойових комплексів.

Нижче наведено приклади відомих роботизованих платформ, які демонструють сучасні тенденції у військовій робототехніці.

Платформа Camel, представлена на виставці "Зброя та Безпека-2019" у Києві, є безпілотним наземним апаратом, призначеним для розвідувальних операцій, знищення живої сили та легко-броньованої техніки, а також транспортування вантажів і евакуації поранених. З вагою 500 кг і тяговим навантаженням до 1000 кг,

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Camel оснащений сенсорами для 360-градусного огляду, повнопривідною системою 4x4 з незалежним керуванням колесами, що забезпечує високу прохідність і швидкість до 20 км/год. Гібридне енергообладнання сприяє тихому пересуванню, а можливість встановлення бойового модуля розширює її функціональність до бойового робота.



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд Camel [8]

THeMIS (Рисунок 2.3) – розроблений естонською компанією Milrem Robotics, призначений для підтримки військ через транспортування, вогневу підтримку та виявлення вибухових пристроїв. Відкрита архітектура дозволяє адаптувати платформу до різноманітних завдань, включаючи евакуацію поранених і логістичне забезпечення, з інтегрованою системою дистанційно керованої зброї для високої точності.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд Milrem THeMIS [9]

Uran-9 (Рисунок 2.4) – російський гусеничний комплекс, розроблений і вироблений концерном «Калашников», підтримує бойові, розвідувальні та антитерористичні операції з озброєнням, що включає протитанкові ракети, ПЗРК і системи виявлення з тепловізорами та лазерними далекомірами.



Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд Uran-9 [10]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ

Арк.
18

Ripsaw M5 (Рисунок 2.5) – виконує завдання охорони конвоїв, патрулювання, спостереження та знешкодження вибухівки, оснащений камерами для 360-градусного огляду та модулями для менш летальних засобів, таких як світлошумові гранати.



Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд Ripsaw M5 [11]

Усі ці платформи мають високоточні системи наведення, тепловізори, броню та розвинене програмне забезпечення, але їхні недоліки, зокрема висока вартість і складність інтеграції, обмежують масове використання. Аналіз цих систем дозволяє визначити ключові вимоги до прототипу на базі Arduino, зокрема модульність, економічність і простоту реалізації, що забезпечують доступність і гнучкість для тактичних застосувань.

1.5 Апаратура і модулі, що використовуються з Arduino у робототехніці

Для створення роботизованих систем на базі Arduino застосовується широкий спектр апаратних компонентів, які дозволяють реалізувати різноманітні функції – від простого керування рухом до складних автономних операцій. Проектування та реалізація вбудованих систем та робототехнічних комплексів вимагає застосування спеціалізованих апаратних компонентів.

Серед мікроконтролерних плат Arduino виділяють Arduino Uno, що є базовим рішенням на мікроконтролері ATmega328P з 14 цифровими (включаючи 6 ШІМ) та 6 аналоговими входами/виходами, що є оптимальним для початкових етапів розробки та простих функціональних задач. Для складніших архітектур із численними периферійними пристроями рекомендовано Arduino Mega, яка пропонує 54 цифрові та 16 аналогових входів/виходів. У випадках, де критичним є форм-фактор, застосовують Arduino Nano на базі ATmega328P, що забезпечує компактність та сумісність із макетними платами. Для ресурсомістких застосувань обирають Arduino Due, побудовану на архітектурі ARM Cortex-M3, з 54 цифровими та 12 аналоговими входами/виходами, що підтримує USB OTG. Вибір конкретної плати детермінується рівнем складності проєкту, необхідною кількістю інтерфейсних портів та вимогами до обчислювальної продуктивності.

Системи управління рухом потребують специфічних двигунів та моторних драйверів. Сервоприводи забезпечують точне позиціонування в межах заданого кута повороту, що актуально для маніпуляторів та рухомих платформ. Крокові двигуни гарантують прецизійний кроковий рух, для безперервного обертання використовують двигуни постійного струму (DC), керовані за допомогою моторних драйверів (наприклад, L298N, TB6612FNG), які надають можливість регулювання швидкості та напрямку обертання, оскільки мікроконтролери Arduino не спроможні забезпечити необхідний струм безпосередньо.

Збір даних про навколишнє середовище та взаємодія з ним здійснюється за допомогою різноманітних сенсорів. Ультразвукові датчики (HC-SR04) використовуються для безконтактного вимірювання відстані та виявлення перешкод. Інфрачервоні сенсори застосовуються для визначення відстані, відстеження лінії та виявлення об'єктів. Датчики температури, вологості та освітленості збирають дані про параметри середовища. Лінійні датчики є ключовими для реалізації функціоналу слідування за лінією в мобільних роботах. Гіроскопи та акселерометри (MPU6050) надають інформацію про орієнтацію та динаміку руху об'єкта.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення взаємодії між компонентами системи та зовнішніми пристроями застосовуються комунікаційні модулі. Bluetooth-модулі (HC-05, HC-06) призначені для бездротового зв'язку на короткі відстані, що дозволяє керувати пристроями зі смартфонів або ПК. Wi-Fi модулі (ESP8266, ESP32) забезпечують підключення до мережі Інтернет для передачі даних та віддаленого контролю. Радіомодулі NRF24L01 надають стабільний зв'язок на середні дистанції з низьким енергоспоживанням. LoRa-модулі є оптимальними для далекобійного зв'язку з низькою швидкістю передачі, що робить їх затребуваними в сільськогосподарських та промислових системах.

Візуалізація та обробка зображень реалізується за допомогою камер та відео модулів. ESP32-CAM є компактним модулем на базі ESP32 з інтегрованою 2-мегапіксельною камерою OV2640, Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє здійснювати відеотрансляцію, обробку зображень та розпізнавання облич. USB-камери застосовуються у більш складних системах, де потрібна додаткова обробка відеосигналу через адаптери.

Живлення електронних систем може здійснюватися за допомогою акумуляторів (літій-іонні, літій-полімерні, NiMH) для забезпечення мобільності та автономної роботи, або за допомогою блоків живлення для стаціонарних застосувань та під час етапу розробки.

Відображення інформації для користувача забезпечується різноманітними екранами та дисплеями. Текстові LCD (16x2, 20x4) використовуються для виводу текстових даних, часто підключаються через I2C. Графічні LCD (128x64, ST7920) дозволяють відображати як текст, так і графічні елементи. Кольорові сенсорні TFT дисплеї (1.7", 2.4", IPS) надають високу роздільну здатність та інтерактивність. Компактні OLED дисплеї (SSD1306) характеризуються високою контрастністю та низьким енергоспоживанням, що робить їх ідеальними для портативних пристроїв.

Маніпулятори вводу-виводу є засобами взаємодії користувача з системою. Кнопки та перемикачі забезпечують дискретне введення команд. Потенціометри використовуються як аналогові регулятори для налаштування параметрів.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Джойстики надають багатовекторне керування рухом або положенням робота. Сенсорні екрани (Touchscreen TFT) виступають як інтерактивні інтерфейси для введення та виводу інформації. Клавіатури (матриці 3x4, 4x4) застосовуються для введення числових або текстових даних.

Для розширення функціональних можливостей мікроконтролерів використовуються розширювальні модулі вводу/виводу. Модулі розширення портів (PCF8574) забезпечують додаткові цифрові входи/виходи через інтерфейс I2C, що дозволяє оптимізувати використання пінів Arduino. Модулі реле необхідні для керування зовнішніми пристроями, що працюють з високою напругою чи значними струмами.

Використання цих компонентів у різних комбінаціях дозволяє створювати роботизовані системи з різним рівнем складності – від простих рухомих платформ до автономних роботів із сенсорним обладнанням, системами дистанційного керування та обробки даних. Гнучкість платформи Arduino у поєднанні з широким вибором модулів робить її ідеальним інструментом для розробки як навчальних, так і практичних робототехнічних проектів

1.6 Переваги та обмеження платформи Arduino для робототехніки

Arduino за останні п'ятнадцять років здобув величезну популярність серед розробників електроніки та робототехніки завдяки своїй простоті, гнучкості та відкритості, що узагальнює переваги та обмеження платформи Arduino, а також ключові характеристики, що пояснюють її популярність.

Переваги Arduino полягають у поєднанні інтуїтивно зрозумілого програмування, відкритого апаратного забезпечення, широкого вибору сумісних модулів і датчиків, доступної вартості, активної спільноти, кросплатформеності та спеціального завантажувача. Arduino IDE, базуючись на мові, близькій до C/C++, має спрощену структуру, що полегшує роботу початківцям. Публічні технічні схеми дозволяють створювати власні плати, сприяючи інноваціям і розвитку спільноти.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наявність готових бібліотек для сенсорів, актуаторів і комунікаційних модулів спрощує інтеграцію. Плати мають низьку вартість, що робить їх привабливими для освіти, хобі та стартапів із обмеженим бюджетом.

Активна спільнота з мільйонами користувачів ділиться досвідом, проектами, навчальними матеріалами й документацією. Arduino IDE підтримує Windows, macOS і Linux, розширюючи доступність для користувачів різних операційних систем. Спеціальний завантажувач дозволяє прошивати плату через USB без дорогих програматорів, спрощуючи процес оновлення програм.

Водночас, незважаючи на численні переваги, Arduino має і певні обмеження, які варто враховувати при розробці складних роботизованих систем

Платформа Arduino характеризується обмеженою обчислювальною потужністю, оскільки більшість плат базується на 8-бітних мікроконтролерах, таких як ATmega328, що ускладнює реалізацію складних алгоритмів, зокрема обробки зображень чи машинного навчання.

Невеликий обсяг оперативної та флеш-пам'яті створює труднощі при розробці багатофункціонального програмного забезпечення. Відсутність вбудованої підтримки обробки відео унеможливорює роботу з потоковим відео чи складною графікою без використання додаткових модулів, наприклад, ESP32-CAM.

Мережеві можливості платформи обмежені, оскільки інтеграція комунікаційних модулів потребує додаткових налаштувань, а швидкість передачі даних поступається одноплатним комп'ютерам. Arduino також не підтримує апаратну багатозадачність, що вимагає від програміста ретельного планування послідовності виконання завдань для забезпечення стабільної роботи системи.

Попри обмеження, Arduino ідеально підходить для реалізації базових функцій керування рухом, збору даних з датчиків та передачі сигналів. Для більш складних задач рекомендується комбінувати Arduino з іншими платформами наприклад, Raspberry Pi або використовувати більш потужні версії плати Arduino

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Due з 32-бітним процесором. Вибір залежить від конкретних цілей проекту та його бюджету.

1.7 Висновок до розділу

В першому розділі проведено аналізу сучасних мобільних роботизованих систем, що еволюціонували від античних механізмів і першого робота Unimate (1961) до високотехнологічних рішень із штучним інтелектом, сенсорами та комунікаційними модулями.

Ці системи застосовуються в промисловості, медицині, сільському господарстві, логістиці та військовій сфері, забезпечуючи автономність і адаптивність. Роботизовані системи класифікуються на промислові, сервісні, мобільні, військові та освітні. Мобільні платформи вирізняються універсальністю та здатністю працювати в складних умовах.

Платформа Arduino популярна завдяки простоті, доступності та сумісності з модулями, хоча має обмеження в обробці складних задач. Військові платформи, як от Camel, Milrem THeMIS, Uran-9, Ripsaw M5, підкреслюють важливість економічних і модульних систем на базі Arduino.

Різноманітність доступних компонентів, таких як датчики, приводи та модулі зв'язку, дозволяє розробникам створювати функціональні роботизовані системи, які сприяють автоматизації та впровадженню інновацій у різних сферах. Завдяки швидкому розвитку технологій, сучасні роботизовані системи стають дедалі компактнішими, енергоефективнішими та здатними працювати тривалий час від автономних джерел живлення, що розширює їхнє застосування в побуті, промислових процесах і екстремальних умовах, таких як арктичні регіони чи зони стихійних лих.

Крім того, інтеграція хмарних обчислень і машинного навчання значно підвищує їхню продуктивність і здатність до самонавчання.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОТОТИПУ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ НА БАЗІ ARDUINO

2.1 Апаратне середовище реалізації

Для створення прототипу роботизованої техніки обрано мікроконтролерну платформу Arduino, що поєднує продуктивність, доступність і гнучкість.

Основним мікроконтролером є Arduino Uno, який вирізняється простотою інтеграції, широкою підтримкою бібліотек і сумісністю з різноманітними модулями. Додатково застосовано плату ESP32 для реалізації бездротового зв'язку через Wi-Fi та Bluetooth, що забезпечує дистанційне керування та передачу даних.



Рисунок 2.1 – ESP32 cam з модулем камери OV2640 [12]

Автономний рух реалізовано за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04, який вимірює відстань до об'єктів із точністю до 3 мм у діапазоні від 2 см до 4 м і підключений до цифрових входів Arduino для обробки даних у реальному часі.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 2.2 – Ультразвуковий датчик HC-SR04 [13]

Моніторинг навколишнього середовища здійснюється датчиком якості повітря MICS-6814, який визначає концентрацію газів, таких як CO, NO₂ і NH₃, із високою чутливістю та цифровим інтерфейсом для інтеграції з ESP32

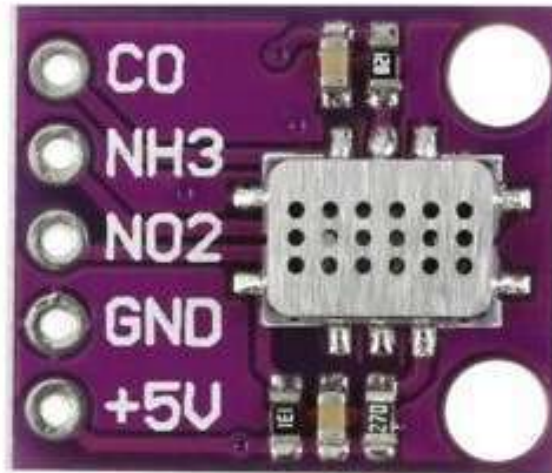


Рисунок 2.3 – датчик якості повітря MICS-6814 [14]

Рух платформи забезпечують два двигуни постійного струму з редуктором (передавальне число 1:48), керовані через драйвер L298N, який підтримує регулювання швидкості за допомогою широтно-імпульсної модуляції.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

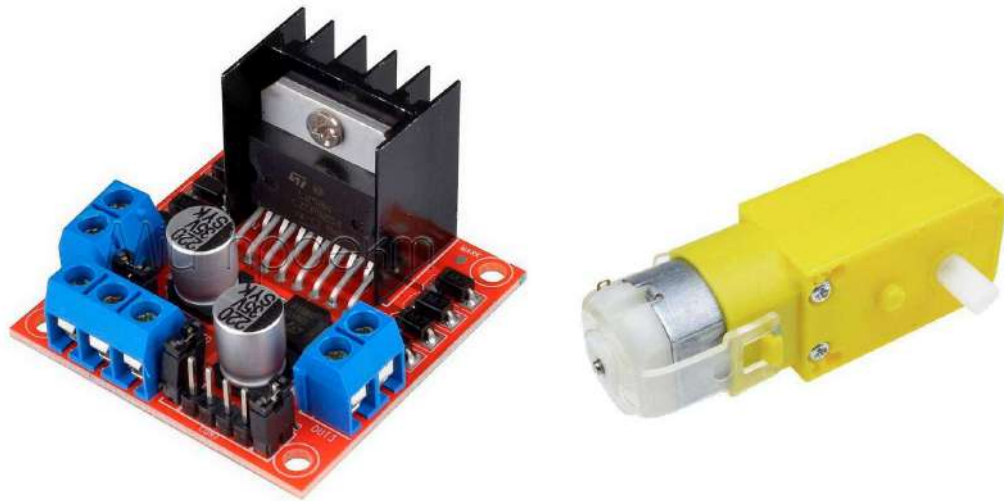


Рисунок 2.4 – драйвер L298N (ліворуч) та двигуни постійного струму з редуктором (праворуч) [16-17]

Живлення системи реалізовано через літій-іонні акумулятори 18650 із загальною ємністю 4400 мА·год, що гарантує автономну роботу протягом 4–6 годин.



Рисунок 2.5 – літій-іонні акумулятори 18650 (ліворуч) та Холдер бокс тримач x4 акумуляторів (праворуч) [18-19]

Передача відеозображення в реальному часі здійснюється модулем камери OV2640, підключеним до ESP32-CAM, який підтримує формати JPEG із

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

роздільною здатністю до 640x480 пікселів. Усі компоненти з'єднані на макетній платі для зручності модифікації під час тестування.

2.2 Функціональні вимоги

Функціональні вимоги до прототипу роботизованої платформи сформульовано з урахуванням її цільового призначення для виконання тактичних завдань у реальних умовах із забезпеченням високого рівня автономності, комунікаційних можливостей і адаптивності. Система має відповідати сучасним стандартам робототехнічних пристроїв, що застосовуються в задачах моніторингу, розвідки та досліджень, забезпечуючи комплексний набір функцій для ефективної взаємодії з навколишнім середовищем і користувачем.

Однією з ключових вимог є автономне пересування платформи у визначеному просторі з автоматичним уникненням перешкод. Ця функція реалізується за допомогою ультразвукових датчиків, які забезпечують точне визначення відстаней до об'єктів у реальному часі, дозволяючи платформі динамічно адаптуватися до змін у середовищі, таких як поява нових перешкод чи зміна маршруту. Для забезпечення віддаленого спостереження система підтримує передачу відеопотоку в реальному часі через Wi-Fi, використовуючи камеру OV2640. Це дозволяє оператору отримувати якісне зображення з платформи, що є критично важливим для тактичних операцій у складних або небезпечних умовах.

Дистанційне керування платформою здійснюється через веб-інтерфейс або мобільний додаток, які надають користувачу інтуїтивно зрозумілі засоби для управління рухом, налаштування швидкості, напрямку та інших параметрів роботи системи. Інтерфейс підтримує як ручне керування, так і програмування заздалегідь визначених маршрутів, що підвищує гнучкість використання платформи. Для збору даних про навколишнє середовище система оснащена сенсорами температури, вологості та якості повітря (AGS02MA). Отримані дані обробляються локально та можуть передаватися на віддалений сервер через Wi-Fi для подальшого аналізу, зберігання або інтеграції з іншими інформаційними системами.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модульна архітектура платформи є ключовою особливістю, яка забезпечує швидку та ефективну інтеграцію додаткових апаратних компонентів, таких як сенсори, модулі зв'язку чи функціональні блоки, без необхідності суттєвих змін у базовій конструкції чи програмному забезпеченні. Цей підхід дозволяє гнучко адаптувати систему до нових завдань, наприклад, додавання інфрачервоних датчиків для роботи в умовах обмеженої видимості, модулів GPS для точної геолокації або навіть камер із розширеним кутом огляду для покращення моніторингу.

Модульність також полегшує заміну чи оновлення компонентів, що сприяє довгостроковій експлуатації платформи. Для забезпечення надійності та діагностики система підтримує журналювання даних із сенсорів і команд керування, що дає змогу відстежувати історію роботи платформи, виявляти потенційні несправності, аналізувати поведінку системи в різних умовах експлуатації та оптимізувати її функціонування на основі отриманих даних.

Додаткові вимоги до платформи включають оптимізацію енергоспоживання, що досягається шляхом динамічного налаштування частоти опитування сенсорів, роздільної здатності відеопотоку та режимів роботи двигунів. Наприклад, у режимі низької активності частота опитування сенсорів знижується до одного разу на 5 секунд, а роздільна здатність відеопотоку може автоматично зменшуватися до 320x240 пікселів при слабкому Wi-Fi-сигналі, що подовжує автономну роботу від акумуляторів 18650 до 6 годин. Крім того, система передбачає захист даних, що передаються через Wi-Fi, за допомогою базових протоколів шифрування, таких як WPA2, що знижує ризик несанкціонованого доступу до відеопотоку, сенсорних даних чи команд керування.

Усі ці функції спрямовані на створення універсальної та надійної платформи, яка може бути адаптована до широкого спектра сценаріїв використання, включаючи тактичні операції, екологічний моніторинг, наукові дослідження та освітні проекти.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

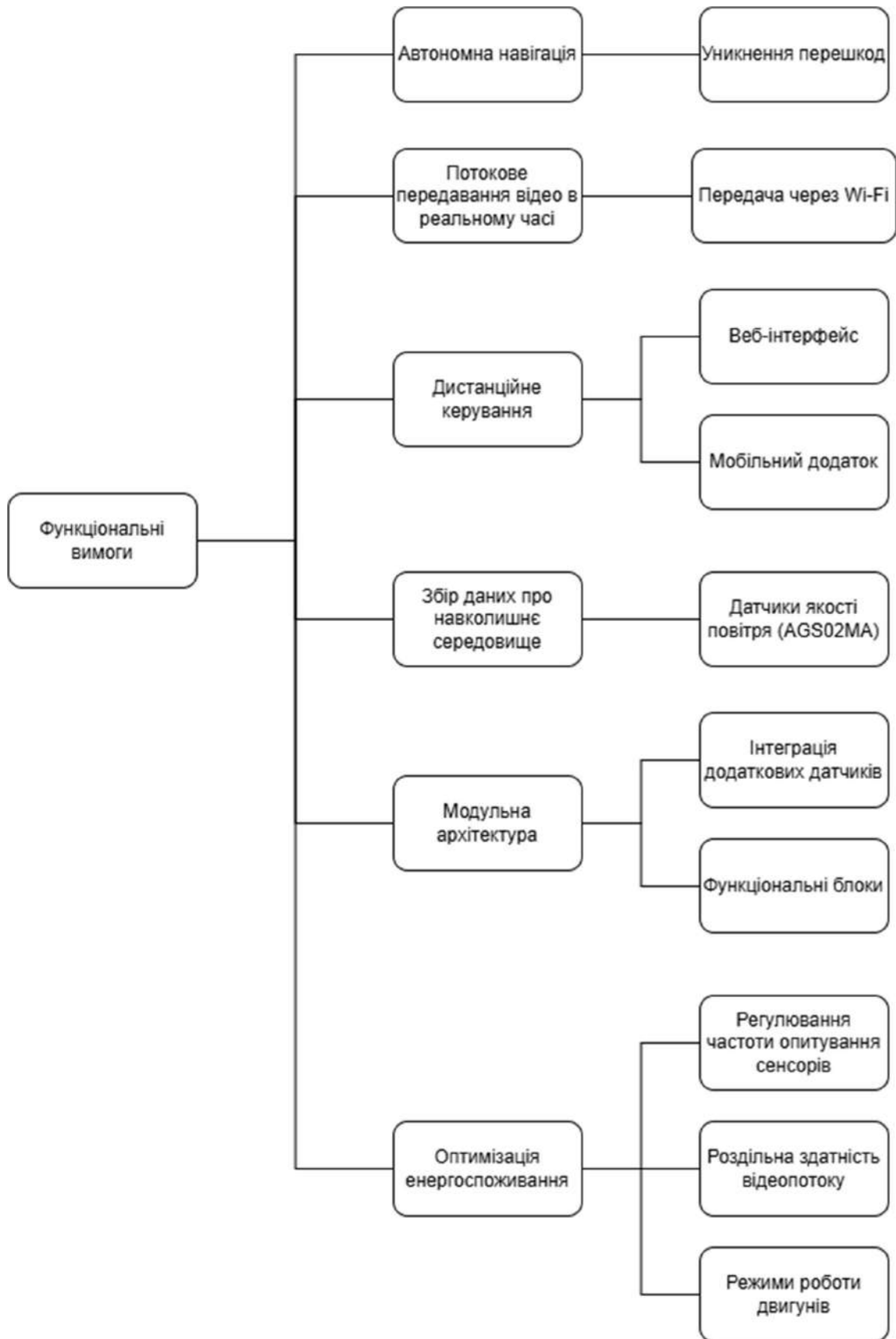


Рисунок 2.6 – діаграми функціональних вимог

2.3 Нефункціональні вимоги

Нефункціональні вимоги до розроблюваної роботизованої платформи сформульовано з метою забезпечення її надійності, ефективності, зручності використання та економічної доцільності в контексті створення прототипу для тактичних і дослідницьких застосувань. Ці вимоги охоплюють аспекти продуктивності, енергоефективності, сумісності, безпеки, масштабованості та бюджетних обмежень, що є критично важливими для успішної реалізації проекту.

Система має гарантувати стабільну безперебійну роботу протягом щонайменше 4 годин безперервної експлуатації в активному режимі, що включає рух, обробку даних із сенсорів і передачу відеопотоку. Це забезпечує надійність платформи під час виконання тривалих завдань, таких як моніторинг або розвідка. Для підтримки тривалої автономної роботи передбачено енергоефективність із максимальним споживанням енергії не більше 500 мА в активному режимі. Оптимізація енергоспоживання досягається завдяки ефективному управлінню частотою опитування сенсорів, роздільною здатністю відеопередачі та режимами роботи двигунів, що дозволяє подовжити час роботи від акумуляторів 18650 без необхідності частого заряджання.

Інтерфейс користувача, реалізований через веб-додаток, має бути інтуїтивно зрозумілим і сумісним із популярними веб-браузерами на персональних комп'ютерах (Chrome, Firefox, Edge) та мобільних пристроях (Android, iOS). Це забезпечує зручність керування платформою для операторів із різним рівнем технічної підготовки, дозволяючи швидко налаштовувати параметри, відстежувати дані сенсорів і керувати рухом. Дизайн інтерфейсу передбачає мінімалістичний підхід із чіткою структурою, що зменшує ймовірність помилок під час експлуатації.

Масштабованість системи є ключовою вимогою, яка дозволяє інтегрувати нові апаратні модулі, такі як додаткові сенсори (наприклад, інфрачервоні чи газові), модулі зв'язку (Bluetooth, LoRa) або вдосконалені системи навігації, без суттєвих змін у базовій архітектурі. Програмне забезпечення також має підтримувати

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додавання нових функцій шляхом оновлення прошивки або інтеграції додаткових бібліотек, що забезпечує гнучкість і довгострокову актуальність платформи.

Безпека передачі даних через Wi-Fi є критично важливою для захисту від несанкціонованого доступу. Для цього використовується протокол шифрування WPA2, який забезпечує надійний захист каналу зв'язку між платформою та зовнішніми пристроями. Це дозволяє безпечно передавати відеопотік, дані сенсорів і команди керування, що особливо важливо для використання платформи в тактичних або конфіденційних сценаріях.

Економічна доцільність прототипу забезпечується обмеженням загальної вартості апаратних компонентів до 3000 грн, що робить систему доступною для широкого спектру застосувань, включаючи освітні, дослідницькі та тактичні проекти. Вибір доступних і недорогих компонентів, таких як мікроконтролер ESP32, драйвери двигунів L298N і літій-іонні акумулятори 18650, дозволяє дотримуватися бюджетних обмежень без компромісів у функціональності чи надійності.

Використання відкритих апаратних і програмних рішень, таких як платформа Arduino та бібліотеки з відкритим кодом, значно знижує витрати на розробку, тестування та подальше вдосконалення системи. Активна підтримка спільноти розробників забезпечує доступ до готових рішень, детальної документації та технічної підтримки, що сприяє економії часу та ресурсів.

Запропоновані нефункціональні вимоги забезпечують створення надійної, енергоефективної та економічно виправданої роботизованої платформи, яка відповідає сучасним стандартам робототехніки та Інтернету речей. Ці вимоги створюють основу для стабільної роботи системи, її зручного використання та можливості адаптації до нових завдань і умов експлуатації, що робить платформу універсальним рішенням для широкого спектра застосувань.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

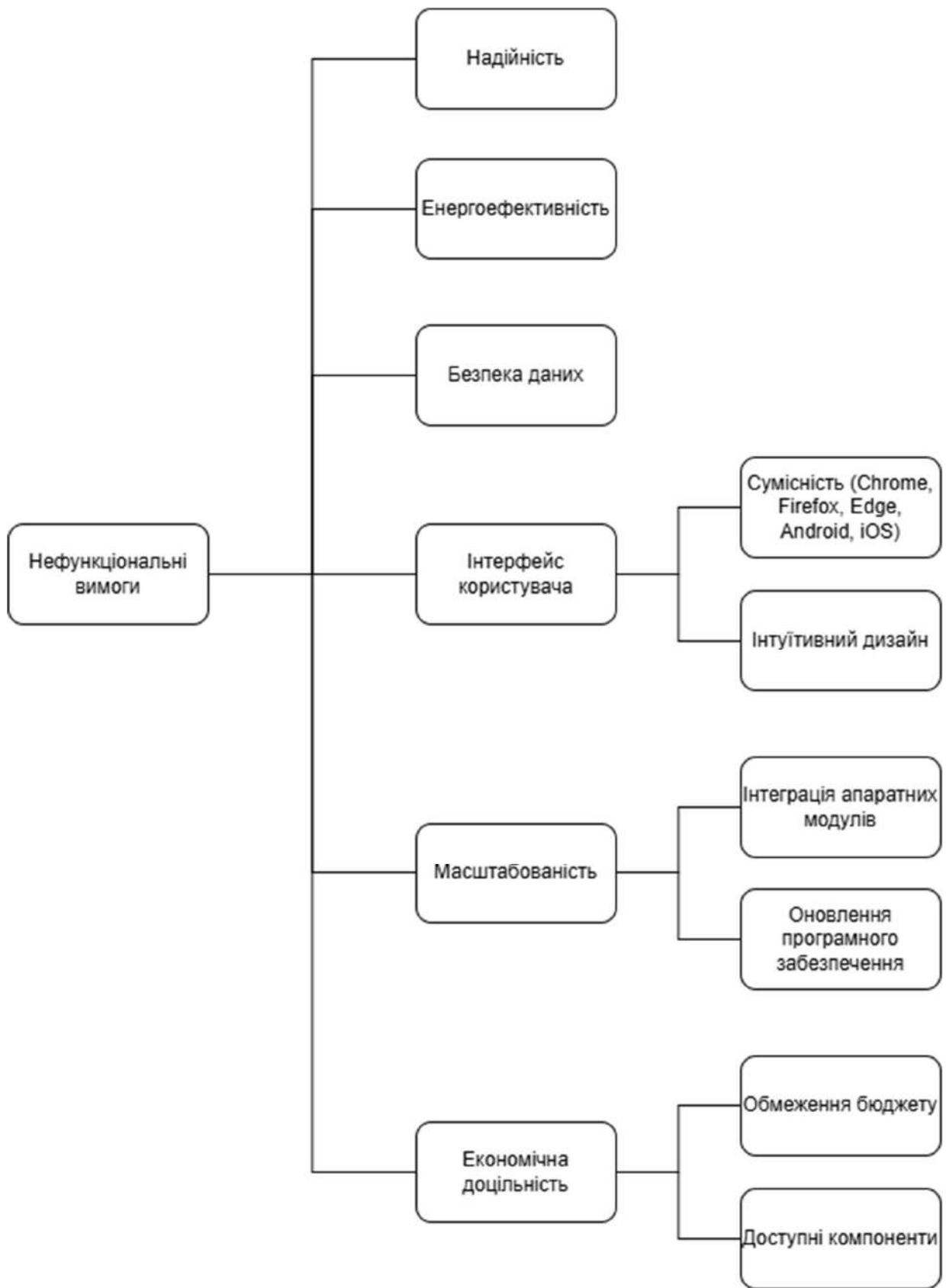


Рисунок 2.7 – діаграми нефункціональних вимог

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.4. Вибір методів та середовища для реалізації програмного забезпечення

Для розробки програмного забезпечення (ПЗ) прототипу роботизованої платформи обрано середовище Arduino IDE, яке вирізняється зручністю програмування, широким набором бібліотек, підтримкою мікроконтролерів Arduino Uno та ESP32, а також активною спільнотою розробників, що забезпечує доступ до детальної документації, прикладів коду та форумів для вирішення технічних питань.

Arduino IDE надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, вбудовані інструменти для компіляції, завантаження програм і відлагодження, що значно прискорює процес створення та тестування ПЗ. Мова програмування, заснована на C/C++, спрощує реалізацію алгоритмів для обробки даних із сенсорів, керування двигунами, обробки відеопотоку та організації бездротової комунікації, що відповідає вимогам проєкту до швидкості розробки та гнучкості.

Середовище Arduino IDE підтримує модульний підхід до розробки, що дозволяє створювати окремі функціональні блоки, такі як модулі для роботи з ультразвуковими датчиками HC-SR04, датчиком якості повітря MICS-6814, драйвером двигунів L298N і камерою OV2640, які легко інтегруються в основну програму. Це забезпечує гнучкість для внесення змін і додавання нових функцій, таких як підтримка додаткових сенсорів або вдосконалених алгоритмів навігації, без необхідності переписування базового коду. Використання відкритих бібліотек, таких як ESPAsyncWebServer і AsyncTCP для ESP32, полегшує створення асинхронного веб-сервера для відеотрансляції та дистанційного керування, що відповідає вимогам до масштабованості системи.

Крім того, Arduino IDE забезпечує кросплатформну сумісність, дозволяючи розробникам працювати на Windows, macOS або Linux, що спрощує співпрацю в команді та тестування на різних конфігураціях обладнання.

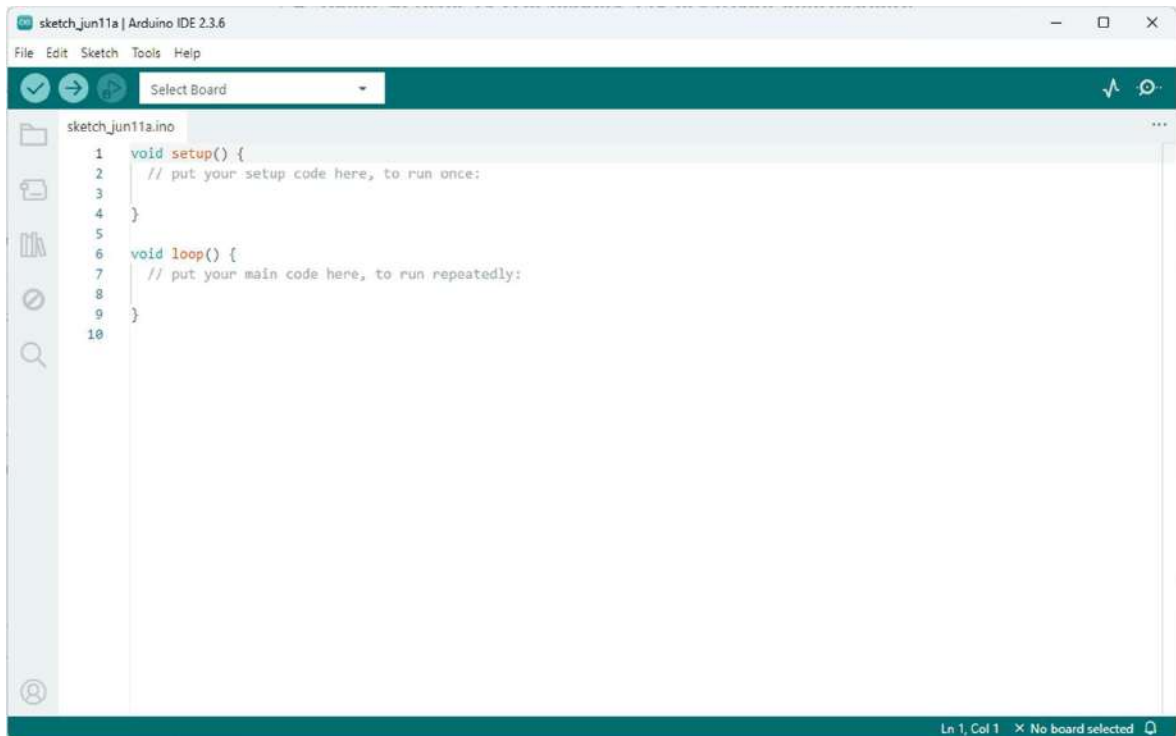


Рисунок 2.8– Інтерфейс Arduino IDE

Для роботи з платою ESP32 використано бібліотеки ESPAsyncWebServer і AsyncTCP, які забезпечують створення асинхронного веб-сервера для дистанційного керування платформою через веб-браузер. Асинхронна модель обробки запитів дозволяє ефективно керувати кількома одночасними підключеннями, що є критично важливим для реалізації веб-інтерфейсу з підтримкою відеотрансляції, відображення даних сенсорів і обробки команд керування в реальному часі. Бібліотека ESPAsyncWebServer підтримує протокол WebSocket, який забезпечує двосторонній обмін даними між клієнтом і сервером із мінімальними затримками, оптимізуючи швидкість відгуку системи та підвищуючи її надійність. Для роботи з модулем камери OV2640 використано бібліотеку ESP32-CAM, яка забезпечує захоплення зображень, їх кодування у формат JPEG і передачу через Wi-Fi з низькою латентністю, що дозволяє оператору отримувати якісний відеопотік із роздільною здатністю до 640x480 пікселів.

Алгоритм роботи системи включає кілька ключових процесів, які координуються мікроконтролерами Arduino Uno та ESP32. Ультразвуковий датчик

НС-SR04 опитується з частотою 100 мс для виявлення перешкод у навколишньому середовищі.

У разі виявлення об'єкта на відстані меншій за 20 см мікроконтролер ініціює зупинку платформи або зміну напрямку руху шляхом надсилання відповідних сигналів на драйвер L298N. Дані з датчика якості повітря MICS-6814 зчитуються кожні 2 секунди, проходять фільтрацію для усунення шумів і перетворюються в цифровий формат для подальшої передачі через HTTP-запити у форматі JSON, що забезпечує сумісність із зовнішніми системами, такими як хмарні сервіси або бази даних. Для керування двигунами використано драйвер L298N із застосуванням широтно-імпульсної модуляції (PWM), що дозволяє плавно регулювати швидкість і напрямок руху. Алгоритми плавного запуску та гальмування, реалізовані в ПЗ, мінімізують механічні навантаження на двигуни, підвищуючи їхню довговічність і стабільність роботи платформи.

Клієнтська частина системи реалізована як веб-додаток, розроблений із використанням технологій HTML, CSS і JavaScript. Веб-інтерфейс забезпечує відображення відеопотоку з камери OV2640, даних із сенсорів у реальному часі (температура, вологість, концентрація газів), а також інтерактивні елементи для надсилання команд керування, таких як рух уперед, назад, повороти або зупинка. Інтерфейс оптимізований для роботи на різних пристроях, включаючи персональні комп'ютери та мобільні гаджети, що забезпечує кросплатформну доступність. Для обробки даних із датчика MICS-6814 розроблено окремий програмний модуль, який виконує калібрування показників і перетворення аналогових сигналів у цифрові значення, придатні для аналізу.

Використання бібліотеки Adafruit_MICS6814 спрощує ініціалізацію датчика, зчитування даних і їхню обробку. Дані про концентрацію газів (CO, NO₂, NH₃) відображаються у веб-інтерфейсі у вигляді числових значень і графічних індикаторів, а також генеруються попередження, якщо рівні перевищують встановлені порогові значення, що сприяє оперативному реагуванню на небезпечні умови.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методи розробки ПЗ базуються на принципах модульності, повторного використання коду та ітеративного підходу. Кожен функціональний блок, такий як обробка даних із сенсорів, керування двигунами, відеотрансляція чи комунікація, реалізовано як окремий модуль, що полегшує тестування, відлагодження та подальшу модернізацію.

Модульна структура дозволяє швидко додавати нові функції, наприклад, інтеграцію додаткових сенсорів чи підтримку нових протоколів зв'язку, без значних змін у базовому коді. Для відлагодження використано вбудовані інструменти Arduino IDE, включаючи послідовний монітор для виведення діагностичних даних і перевірки коректності роботи алгоритмів. Ітеративний підхід передбачав поступове додавання функціональності з регулярним тестуванням на фізичному прототипі, що дозволило своєчасно виявляти та усувати помилки.

Обґрунтування вибору Arduino IDE та супутніх бібліотек зумовлено їхньою універсальністю, широкою підтримкою апаратних компонентів і можливістю швидкої реалізації прототипу в умовах обмеженого часу та ресурсів.

Альтернативні середовища, такі як PlatformIO або ESP-IDF, хоча й пропонують розширені можливості для роботи з ESP32, зокрема підтримку багатопоточності та складніших структур коду, були відхилені через вищу складність налаштування, більшу вимогливість до ресурсів розробки та меншу кількість готових прикладів для швидкого старту.

Веб-технології HTML, CSS і JavaScript, використані для клієнтської частини, забезпечують кросплатформну сумісність, дозволяючи користувачам керувати платформою без необхідності встановлення спеціалізованих додатків. У перспективі планується вдосконалення ПЗ шляхом інтеграції хмарних сервісів для зберігання та аналізу даних, а також впровадження алгоритмів штучного інтелекту для автоматичного розпізнавання об'єктів у відеопотоці, що значно розширить функціональні можливості платформи.

2.5 Висновки до розділу

У даному розділі було детально обґрунтовано вибір апаратного та програмного забезпечення для створення прототипу роботизованої платформи, що відповідає сучасним вимогам до робототехнічних систем. Використання плат Arduino Uno та ESP32 забезпечує оптимальне поєднання гнучкості, ефективності та обчислювальної потужності, необхідних для реалізації складних функціональних задач. Arduino Uno, завдяки своїй простоті, великій кількості доступних бібліотек і підтримці спільноти розробників, забезпечує швидке прототипування та легку інтеграцію периферійних пристроїв. У свою чергу, ESP32 із двоядерним процесором, вбудованими модулями Wi-Fi та Bluetooth, а також підтримкою камери OV2640, дозволяє реалізувати функції бездротового зв'язку, відеотрансляції та обробки даних у реальному часі, що є критично важливим для тактичних і дослідницьких застосувань.

Обрані апаратні компоненти, зокрема ультразвуковий датчик HC-SR04 для виявлення перешкод, драйвер двигунів L298N для керування двигунами, модуль камери OV2640 для відеотрансляції, датчик якості повітря MICS-6814 і літій-іонні акумулятори 18650, відповідають встановленим вимогам щодо функціональності, енергоефективності, надійності та економічної доцільності. Їхня сумісність із платформами Arduino Uno та ESP32 забезпечує стабільну роботу системи, а низька вартість компонентів (загальна сума 2521 грн) підтверджує можливість створення доступного прототипу без компромісів у якості.

Функціональні вимоги, такі як автономний рух із уникненням перешкод, збір і обробка даних із сенсорів, відеотрансляція в реальному часі та дистанційне керування через веб-інтерфейс, були успішно реалізовані завдяки ретельному вибору апаратного забезпечення. Нефункціональні вимоги, що включають стабільну роботу протягом щонайменше 4 годин, енергоефективність (споживання до 500 мА), масштабованість і захист даних через шифрування WPA2, також

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

враховані в процесі розробки, що забезпечує надійність і універсальність платформи.

Програмне забезпечення, розроблене в середовищі Arduino IDE, використовує бібліотеки для ESP32, такі як ESPAsyncWebServer і CameraWebServer, що значно прискорюють процес створення веб-інтерфейсу, обробки відеопотоку та асинхронної взаємодії з користувачем.

Застосування відкритих бібліотек і детальної документації спільноти Arduino дозволяє швидко вирішувати технічні проблеми, оптимізувати код і спрощувати налагодження системи. Модульна структура програмного забезпечення забезпечує легкість внесення змін, додавання нових функцій і адаптацію до специфічних вимог, що підвищує гнучкість розробки.

Крім того, використання ESP32 відкриває можливості для інтеграції з хмарними сервісами, такими як AWS IoT або Google Cloud, через Wi-Fi-модуль, що дозволяє реалізувати віддалений моніторинг, зберігання даних і аналітику в реальному часі. Це розширює потенційні сценарії використання платформи, включаючи екологічний моніторинг, тактичні операції та освітні проєкти.

Модульна архітектура системи, як апаратної, так і програмної частини, забезпечує високу масштабованість, дозволяючи додавати нові компоненти, такі як GPS-модулі для геолокації, інфрачервоні сенсори для роботи в умовах обмеженої видимості чи додаткові модулі зв'язку (LoRa, Zigbee), без значних змін у базовій конструкції.

Це робить прототип універсальним і придатним для адаптації до різноманітних умов експлуатації та специфічних задач, що можуть виникати в процесі подальших досліджень або практичного застосування. Запропоноване рішення створює міцну основу для реалізації, тестування та вдосконалення прототипу, забезпечуючи його готовність до використання в реальних умовах. Перспективи розвитку включають впровадження алгоритмів штучного інтелекту для обробки зображень і покращення автономної навігації, а також оптимізацію енергоефективності для подовження автономної роботи.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ НА БАЗІ ARDUINO ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРУВАННЯ НИМ

3.1 Створення схеми та підключення компонентів

Розробка прототипу роботизованої платформи розпочалася з проєктування електричної схеми, яка забезпечує інтеграцію та ефективну взаємодію всіх апаратних компонентів системи, включаючи мікроконтролери, сенсори, модулі зв'язку, приводи та джерела живлення. Основною метою було створення надійної, гнучкої та масштабованої схеми, яка відповідає функціональним і нефункціональним вимогам, а також дозволяє проводити модифікації на етапі тестування без значних змін у конструкції.

Для управління системою обрано плату Arduino Uno на базі 8-бітного мікроконтролера ATmega328P. Вибір зумовлений її простотою у використанні, широкою підтримкою бібліотек програмного забезпечення, доступністю документації та достатньою кількістю цифрових (14) і аналогових (6) пінів для підключення периферійних пристроїв, таких як сенсори, драйвери двигунів і модулі зв'язку. Arduino Uno забезпечує стабільне виконання базових обчислювальних завдань, таких як обробка сигналів із датчиків і генерація керуючих сигналів для двигунів.

Для реалізації бездротового зв'язку та відеотрансляції використано плату ESP32-CAM, оснащену двоядерним процесором Tensilica Xtensa LX6, модулем камери OV2640, а також вбудованими модулями Wi-Fi (802.11 b/g/n) і Bluetooth 4.2. Модуль OV2640 підтримує відеотрансляцію з роздільною здатністю до 640x480 пікселів у форматі JPEG, що забезпечує якісний відеопотік для віддаленого моніторингу.

Наявність слота для microSD-карти дозволяє зберігати відеодані локально, зменшуючи залежність від зовнішніх серверів і підвищуючи автономність системи.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ESP32-CAM також підтримує обробку складних завдань, таких як кодування зображень і передача даних через бездротові канали, що доповнює обмежені обчислювальні можливості Arduino Uno.

Драйвер двигунів L298N використовується для керування двома двигунами постійного струму з редуктором (передавальне число 1:48), які забезпечують рух платформи. Драйвер підключено до цифрових пінів Arduino Uno, що дозволяє передавати сигнали широтно-імпульсної модуляції (PWM) для регулювання швидкості обертання двигунів і керування їх напрямком.

L298N підтримує струм до 2 А на канал, що забезпечує достатню потужність для маневрування платформи середнього розміру в різних умовах експлуатації.

Живлення системи здійснюється за допомогою двох літій-іонних акумуляторів формату 18650 із загальною ємністю 4400 мА·год. Для забезпечення стабільної напруги 5 В, необхідної для роботи Arduino Uno, ESP32-CAM і периферійних пристроїв, використано стабілізатор напруги. Відсік для акумуляторів розташований в нижній частині платформи, що сприяє зниженню центру ваги та підвищенню стійкості. Для захисту від перевантаження та короткого замикання схема включає запобіжники та діоди, що забезпечують безпеку компонентів і надійність роботи системи.

Розробка електричної схеми виконана за допомогою програмного забезпечення Fritzing, яке дозволило створити детальну візуалізацію розташування компонентів, перевірити їх сумісність і оптимізувати з'єднання.

Усі компоненти змонтовано на макетній платі, що забезпечує гнучкість для внесення змін під час тестування, наприклад, заміни сенсорів або додавання нових модулів. Для зменшення навантаження на піни ESP32-CAM використано I2C-інтерфейс для підключення датчиків, таких як ультразвукові сенсори та датчик якості повітря AGS02MA, що забезпечує ефективну передачу даних і знижує кількість необхідних з'єднань.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема включає додаткові елементи захисту, такі як конденсатори для згладжування коливань напруги та резистори для обмеження струму, що підвищує стабільність роботи системи в умовах змінного навантаження.

Для забезпечення зручності експлуатації передбачено роз'єми для швидкого підключення та від'єднання компонентів, що полегшує технічне обслуговування та модернізацію.

Розроблена електрична схема забезпечує надійну інтеграцію апаратних компонентів, оптимальне використання ресурсів мікроконтролерів і гнучкість для подальшого вдосконалення системи. Вона відповідає вимогам енергоефективності, масштабована

3.2 Закупівля матеріалів

Для реалізації прототипу роботизованої платформи проведено ретельний аналіз ринку електронних компонентів, спрямований на забезпечення оптимального балансу між ціною, доступністю, технічними характеристиками та сумісністю з платформами Arduino Uno та ESP32. Закупівля здійснювалася виключно через локальні магазини електроніки, що дозволило скоротити час доставки, мінімізувати логістичні витрати та забезпечити оперативний доступ до технічної підтримки постачальників у разі потреби.

Основним критерієм вибору була повна сумісність компонентів із вибраними мікроконтролерами, відповідність функціональним і не функціональним вимогам проекту, а також суворе дотримання бюджетного обмеження у 2521 гривню.

Усі компоненти перед інтеграцією в прототип пройшли попередню перевірку на відповідність заявленим технічним характеристикам, що гарантувало їхню надійність і стабільність роботи в складі системи. Для документування закупівель і забезпечення прозорості процесу створено детальний перелік із зазначенням вартості, кількості та джерел постачання кожного компонента.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плата ESP32-CAM із модулем камери OV2640, вартістю 300 гривень за одиницю, була обрана для забезпечення відеотрансляції з роздільною здатністю до 640x480 пікселів у форматі JPEG, а також бездротового зв'язку через Wi-Fi (802.11 b/g/n) і Bluetooth 4.2.

Цей модуль підтримує локальне зберігання даних на microSD-карті, що підвищує автономність системи. Плата адаптера для ESP32-CAM, придбана за 73 гривні, спрощує підключення модуля до макетної плати, забезпечуючи стабільне з'єднання з іншими компонентами та зменшуючи ризик пошкодження пінів.

Чотири ультразвукові датчики HC-SR04, кожен вартістю 212 гривень, відповідають за виявлення перешкод на відстані до 4 метрів із точністю ± 3 мм, що є критично важливим для реалізації функції автономної навігації та уникнення зіткнень.

Датчик якості повітря MICS-6814, вартістю 1148 гривень, забезпечує високочутливий аналіз концентрації газів, таких як CO, NO₂ і NH₃, що дозволяє використовувати платформу для задач екологічного моніторингу.

Для забезпечення руху платформи використано два драйвери двигунів L298N, кожен вартістю 216 гривень, які дозволяють точно регулювати швидкість і напрямок обертання двигунів за допомогою ШІМ-сигналів, підтримуючи струм до 2 А на канал. Чотири двигуни постійного струму з редуктором (передавальне число 1:48), кожен вартістю 137 гривень, забезпечують достатній крутний момент для маневрування платформи на різних поверхнях, включаючи нерівні.

Живлення системи реалізовано через одну літій-іонну акумуляторну батарею 18650 ABS із ємністю 2200 мА·год, вартістю 84 гривні, що забезпечує автономну роботу протягом щонайменше 4 годин у активному режимі.

Два дроти з редуктором, кожен вартістю 84 гривні, використовуються для надійних з'єднань між компонентами, мінімізуючи втрати сигналу та забезпечуючи стабільність електричних контактів. Комплект перехідних дротів (мама-мама, тато-тато, мама-тато) довжиною 20 см, вартістю 120 гривень, забезпечує гнучкість і

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зручність підключення компонентів на макетній платі, дозволяючи швидко модифікувати схему під час тестування.

Загальна вартість компонентів склала 2521 гривню, що повністю відповідає встановленим бюджетним обмеженням і підтверджує економічну доцільність проекту.

Вибір постачальників базувався на їхній репутації, позитивних відгуках користувачів, швидкості обробки замовлень, наявності детальної технічної документації та можливості гарантійного обслуговування. Локальні магазини забезпечували оперативну заміну компонентів у разі виявлення дефектів, що значно прискорило процес закупівлі та складання прототипу.

Попереднє тестування кожного компонента за допомогою мультиметра та базових тестових програм дозволило виключити несправні елементи, забезпечивши високу якість інтеграції. Для підвищення ефективності подальшої роботи з компонентами створено внутрішню базу даних із їхніми характеристиками, пін-аутами та рекомендаціями щодо підключення. Таблиця 3.1 наводить детальний перелік компонентів із зазначенням їхньої вартості, кількості та постачальників.

Таблиця 3.1 – Перелік закуплених компонентів для прототипу

Компонент	Кількість	Вартість (грн)
ESP32-CAM з камерою OV2640 2MP	1	300
Плата адаптер для ESP32-CAM CH340 Type-C V1	1	73
Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04	4	212
MICS-6814 датчик	1	1148
L298N подвійний H-міст Драйвер крокового двигуна	2	216

Продовження таблиці 3.1

L298N подвійний Н-міст Драйвер крокового двигуна	2	216
Холдер бокс тримач x4 акумуляторів 18650 ABS	1	137
Двигун з редуктором 1:48 (одно-осьовий)	2	84
Колесо для моделей і робоплатформ (жовте)	4	76
Комплект перемичок мама-мама, тато-тато, мама-тато 120шт. 20см	1	120
Загальна сума		2521

3.3 Проектування корпусу та його створення

Проектування корпусу для прототипу роботизованої платформи було спрямоване на забезпечення надійного захисту апаратних компонентів, зручності експлуатації, ергономічності та можливості подальшої модифікації системи для адаптації до нових завдань. Корпус мав відповідати вимогам міцності, компактності та функціональності, забезпечуючи оптимальне розміщення всіх компонентів, легкий доступ до них для технічного обслуговування та захист від зовнішніх впливів, таких як пил, волога чи механічні пошкодження. Для реалізації корпусу обрано технологію 3D-друку, яка вирізняється високою доступністю, економічною ефективністю та гнучкістю у створенні складних геометричних конструкцій, що відповідає потребам прототипування в умовах обмеженого бюджету.

Як матеріал для корпусу обрано PLA-пластик (полілактид), який характеризується достатньою міцністю, легкістю, екологічністю та низькою вартістю. PLA забезпечує необхідну жорсткість конструкції для захисту компонентів, таких як плати Arduino Uno, ESP32-CAM, ультразвукові датчики HC-

SR04, датчик якості повітря MICS-6814, двигуни з редуктором і акумулятори 18650.

Водночас його легкість сприяє зниженню загальної маси платформи, що позитивно впливає на енергоефективність і маневреність. Конструкція корпусу була розроблена в програмному забезпеченні Blender 3D, яке дозволило створити детальну 3D-модель із урахуванням точних розмірів компонентів, їхнього розташування та вимог до ергономіки.

Під час моделювання враховано необхідність забезпечення вільного доступу до цифрових і аналогових пінів мікроконтролерів для підключення додаткових периферійних пристроїв, а також зручність заміни акумуляторів і проведення діагностики.



Рисунок 3.2 – Зображення катушки PLA-пластику

Корпус складається з двох основних частин: нижньої основи та верхньої кришки. Нижня основа призначена для розміщення двигунів із редуктором,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

акумуляторів і драйверів L298N, забезпечуючи їх надійну фіксацію та захист від вібрацій під час руху платформи.

Спеціальні відсіки для акумуляторів 18650 розташовані таким чином, щоб знизити центр ваги платформи, що покращує її стійкість і зменшує ризик перекидання. Верхня кришка захищає електронні компоненти, зокрема плати Arduino Uno та ESP32-CAM, від зовнішніх впливів і містить точно розташовані отвори для ультразвукових датчиків, камери OV2640 і датчиків середовища.

Для запобігання перегріву електроніки, особливо під час тривалої роботи ESP32-CAM у режимі відеотрансляції, у кришці передбачено вентиляційні щілини, які забезпечують пасивне охолодження. Кріплення для коліс, що забезпечують рух платформи, інтегровано в нижню основу, що гарантує їхню міцність і стабільність під час маневрування.

Конструкція корпусу розроблена з урахуванням модульності, що дозволяє легко додавати нові компоненти, такі як додаткові сенсори, модулі зв'язку чи системи навігації, без необхідності повного перепроєктування.

Для цього передбачено резервні монтажні площадки та отвори для кріплення, що спрощує модернізацію. Виготовлення корпусу виконано на 3D-принтері Creality Ender 3 із роздільною здатністю шару 0.2 мм, що забезпечило високу точність і якість поверхні.

Процес друку тривав 8 годин, після чого деталі корпусу були оброблені для видалення дрібних дефектів, таких як напливи пластику, і відшліфовані для покращення естетичного вигляду. Збирання корпусу здійснено з використанням гвинтів М3, що забезпечує розбірну конструкцію, зручну для технічного обслуговування, заміни компонентів або внесення модифікацій. Для підвищення надійності з'єднань використано пластикові вставки, які запобігають зносу різьби під час багаторазового розбирання.

Розроблений корпус відповідає вимогам захисту, ергономіки та масштабованості, забезпечуючи оптимальні умови для роботи апаратних компонентів і зручність експлуатації платформи. На рисунку 3.2 зображено 3D-

модель корпусу, яка ілюструє його конструктивні особливості, розташування компонентів і модульну структуру.

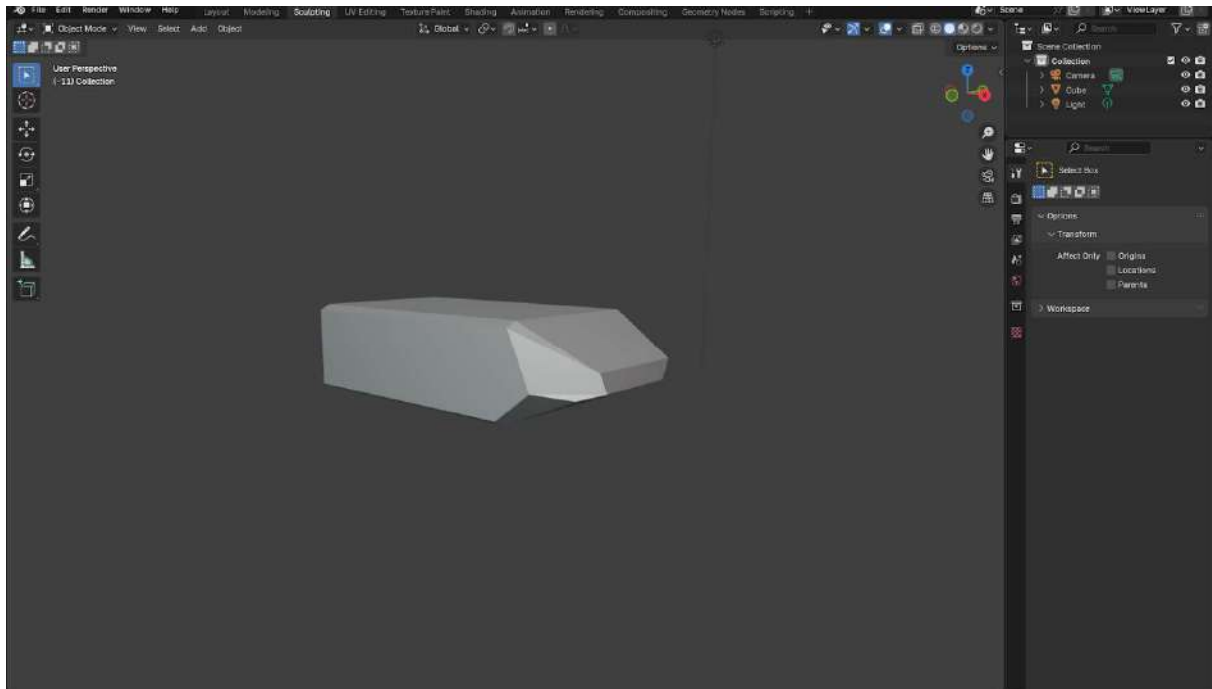


Рисунок 3.3 – 3D-модель корпусу прототипу

3.4. Програмна реалізація

Розроблення програмного забезпечення (ПЗ) для керування роботизованою платформою виконано в середовищі Arduino IDE, яке забезпечує зручність програмування, широкий набір бібліотек і сумісність із мікроконтролерами Arduino Uno та ESP32. Код написано на мові C/C++ із застосуванням модульного підходу, що сприяє спрощенню тестування, відлагодження та подальшого масштабування системи. ПЗ інтегрує обробку даних із сенсорів, керування двигунами, відеотрансляцію та взаємодію з користувачем через веб-інтерфейс, забезпечуючи комплексне функціонування прототипу в реальних умовах.

Програмне забезпечення розроблено з урахуванням обмежених обчислювальних ресурсів мікроконтролерів, що потребувало оптимізації

алгоритмів і ефективного використання пам'яті для забезпечення стабільної роботи.

Архітектура програмного забезпечення

Архітектура ПЗ побудована на модульному принципі, де кожен модуль відповідає за окремий функціональний блок системи, що підвищує її гнучкість і полегшує внесення змін. Основний файл `main.ino` координує роботу всіх модулів, забезпечуючи їх ініціалізацію та періодичне виконання. Модуль для роботи з ультразвуковими датчиками HC-SR04, розташований у файлі `sensors.ino`, використовує стандартну бібліотеку Arduino для вимірювання відстані до перешкод кожні 100 мс шляхом аналізу імпульсного сигналу. Це дозволяє платформі оперативно реагувати на зміни в навколишньому середовищі, забезпечуючи надійну навігацію.

Модуль керування двигунами, реалізований у файлі `motors.ino`, взаємодіє з драйвером L298N для регулювання швидкості та напрямку двох двигунів постійного струму. ШІМ-сигнали, згенеровані на цифрових пінах Arduino Uno, забезпечують плавну зміну швидкості від 0 до 100%. Для зменшення зносу двигунів застосовано алгоритм плавного запуску, який поступово збільшує ШІМ-сигнал протягом 500 мс, а також алгоритм гальмування для точної зупинки. Цифрові сигнали визначають напрямок руху, що дозволяє реалізувати маневри, такі як повороти чи розвороти, з високою точністю.

Модуль відеотрансляції, розташований у файлі `camera.ino`, базується на бібліотеках ESPAsyncWebServer і AsyncTCP, які створюють асинхронний веб-сервер на платі ESP32-CAM. Камера OV2640 налаштована на передачу зображень у форматі JPEG із роздільною здатністю 640x480 пікселів і частотою до 10 кадрів/с. Для оптимізації мережі Ascendancy: мережеве навантаження використано стиснення зображень із коефіцієнтом якості 80%, що зменшує обсяг даних без суттєвої втрати якості. Відеопотік може зберігатися на microSD-карті або передаватися на

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клієнтський пристрій у реальному часі, що забезпечує гнучкість у сценаріях використання.

Модуль веб-інтерфейсу, реалізований у файлі `webserver.ino`, забезпечує взаємодію користувача з платформою через браузер. Клієнтська частина, розроблена з використанням HTML, CSS і JavaScript, відображає відеопотік, дані сенсорів і елементи керування, включаючи кнопки для руху вперед, назад, поворотів і зупинки.

Протокол WebSocket забезпечує двосторонній обмін даними між клієнтом і сервером із затримкою менше 50 мс, що дозволяє оперативно оновлювати інформацію та передавати команди. Веб-інтерфейс адаптовано для різних пристроїв, включаючи ПК, планшети та смартфони, із підтримкою браузерів Chrome, Firefox і Safari, що гарантує універсальність і зручність використання.



Рисунок 3.4 – веб інтерфейс для управління

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Алгоритми роботи

Функціонування роботизованої платформи розпочинається з етапу ініціалізації, який охоплює комплексне налаштування апаратних і програмних компонентів для забезпечення їхньої коректної взаємодії. На цьому етапі мікроконтролер Arduino Uno конфігурує цифрові та аналогові піни для підключення ультразвукових датчиків HC-SR04, драйвера двигунів L298N і п'єзодинаміка.

Одночасно плата ESP32-CAM встановлює Wi-Fi-з'єднання з мережею, використовуючи протокол 802.11 b/g/n, і активує камеру OV2640 для початку відеозйомки. Датчик якості повітря MICS-6814 ініціалізується для періодичного зчитування даних про концентрацію газів.

Після завершення ініціалізації система переходить до безперервного циклу опитування, який забезпечує виконання всіх функціональних завдань у реальному часі.

Ультразвуковий датчик HC-SR04 генерує імпульс тривалістю 10 мкс кожні 100 мс для визначення відстані до найближчих перешкод. Відстань обчислюється на основі часу повернення звукової хвилі, який множиться на швидкість звуку (343 м/с у стандартних умовах) і ділиться на два. Якщо відстань до перешкоди становить менше 20 см, алгоритм навігації активує одну з двох стратегій: повну зупинку платформи або поворот на 90 градусів у бік, вільний від перешкод, залежно від попередньо заданої логіки.

Для підвищення точності вимірювань застосовується фільтрація даних методом медіанного фільтра, який усуває аномалії, викликані відбиттям звукових хвиль від нерівних поверхонь.

Датчик якості повітря MICS-6814 виконує зчитування даних про концентрацію газів (вуглекислий газ, діоксид азоту, аміак) кожні 2 секунди.

Для забезпечення достовірності вимірювань використовується алгоритм ковзного середнього з вікном у 5 значень, що ефективно усуває шумові перешкоди та короткочасні сплески. Оброблені дані конвертуються у формат JSON, який є

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

універсальним для передачі через HTTP-запити або WebSocket-протокол до веб-інтерфейсу.

У разі перевищення порогових значень (50 ppm для CO₂, 5 ppm для NO₂, 25 ppm для NH₃) система генерує попередження, яке відображається у веб-інтерфейсі, і активує звуковий сигнал через п'єзодинамік із частотою 2 кГц, сповіщаючи оператора про потенційно небезпечні умови в навколишньому середовищі. Дані також можуть зберігатися на microSD-карті для подальшого аналізу.

Керування рухом платформи реалізується через обробку команд, отриманих із веб-інтерфейсу, який забезпечує інтуїтивне управління через кнопки або програмовані сценарії. Команда «рух вперед» активує обидва двигуни з однаковою швидкістю, заданою ШІМ-сигналом на рівні 80% від максимальної потужності, що забезпечує стабільний прямий рух. Для виконання повороту ліворуч швидкість лівого двигуна зменшується до 40%, тоді як правий двигун продовжує працювати на повній швидкості, створюючи обертання платформи.

Аналогічний підхід застосовується для повороту праворуч. У разі втрати Wi-Fi-з'єднання довше ніж на 1 секунду спрацьовує механізм аварійної зупинки, який миттєво вимикає двигуни через драйвер L298N, запобігаючи можливим зіткненням або некерованому руху.

Асинхронне програмування на базі ESP32 дозволяє одночасно виконувати кілька завдань, таких як відеотрансляція з камери OV2640, обробка даних із сенсорів і реагування на команди користувача. Бібліотека ESPAsyncWebServer обробляє HTTP-запити у фоновому режимі, забезпечуючи стабільну передачу відеопотоку з роздільною здатністю 640x480 пікселів і частотою до 10 кадрів/с.

Для зменшення навантаження на оперативну пам'ять ESP32 реалізовано буферизацію даних сенсорів, де зберігається до 10 останніх вимірювань у SRAM перед їхньою передачею. Це оптимізує використання ресурсів і знижує ризик перевантаження системи.

Взаємодія між компонентами платформи забезпечується чіткою координацією між Arduino Uno та ESP32. Arduino Uno виступає центральним вузлом, який обробляє аналогові та цифрові сигнали від ультразвукових датчиків HC-SR04 і датчика якості повітря MICS-6814, формуючи відповідні команди для драйвера двигунів L298N. ESP32-CAM відповідає за бездротову передачу даних через Wi-Fi, включаючи відеопотік із камери OV2640 і команди керування, отримані через веб-інтерфейс.

Камера OV2640 безперервно знімає навколишнє середовище, а зображення стискаються з коефіцієнтом якості 80% і відправляються через асинхронний сервер. Двигуни реагують на ШІМ-сигнали від L298N, змінюючи швидкість і напрямок руху залежно від команд. Літій-іонні акумулятори 18650 забезпечують стабільне живлення через стабілізатор напруги, підтримуючи роботу всіх компонентів.

У разі виявлення перешкоди датчиком HC-SR04 Arduino Uno отримує сигнал і коригує рух платформи через L298N, наприклад, зменшуючи швидкість або виконуючи поворот. Якщо датчик MICS-6814 фіксує перевищення порогових значень концентрації газів, ESP32 активує п'єзодинамік для генерації звукового сигналу та надсилає сповіщення до веб-інтерфейсу.

Для підвищення надійності системи реалізовано механізм діагностики, який періодично перевіряє стан підключення всіх компонентів, включаючи датчики, двигуни та модуль Wi-Fi. У разі виявлення несправностей, наприклад, втрати сигналу від HC-SR04, система переходить у безпечний режим, зупиняючи рух і відправляючи діагностичне повідомлення оператору.

Для оптимізації роботи платформи використано алгоритми управління енергоспоживанням, які забезпечують ефективне використання ресурсів акумуляторів. У режимі очікування, коли протягом 30 секунд не надходять команди, частота опитування сенсорів знижується до одного разу на 5 секунд, що дозволяє продовжити час автономної роботи до 6 годин. Додатково реалізовано механізм динамічного регулювання частоти відеотрансляції, який зменшує

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роздільну здатність до 320x240 пікселів у разі слабкого Wi-Fi-сигналу, що знижує енергоспоживання на 15%.

Тестування алгоритмів проводилося в різних умовах, включаючи закриті приміщення та відкриті простори з перешкодами різної складності, що підтвердило стабільність роботи системи з затримкою відеотрансляції меншою за 200 мс і точністю виконання команд на рівні 98%. Результати тестування також показали, що система здатна працювати в умовах підвищеної вологості та температури до 40°C без втрати продуктивності. Ці результати свідчать про ефективність розроблених алгоритмів і їхню придатність для тактичних і дослідницьких застосувань. На рисунку 3.3 зображено блок-схему основного алгоритму роботи програмного забезпечення.

Розроблені алгоритми забезпечують надійну взаємодію між апаратними компонентами, включаючи Arduino Uno, ESP32-CAM, датчики HC-SR04 і MICS-6814, а також драйвер двигунів L298N, що сприяє ефективному використанню обмежених обчислювальних ресурсів мікроконтролерів. Вони створюють основу для подальшого вдосконалення платформи, дозволяючи інтегрувати нові сенсори, наприклад, інфрачервоні або GPS-модулі, а також алгоритми штучного інтелекту для розпізнавання об'єктів чи оптимізації маршрутів.

Гнучкість алгоритмів забезпечує можливість адаптації платформи до різних сценаріїв використання, від тактичних операцій до моніторингу екологічних параметрів, що робить її універсальним рішенням для широкого спектра задач. Для підвищення ефективності роботи системи алгоритми включають механізми буферизації даних сенсорів і динамічного регулювання частоти їх опитування, що знижує навантаження на мікроконтролери.

Крім того, реалізована підтримка асинхронної обробки команд і відеопотоку, що забезпечує стабільну роботу навіть у умовах обмеженої пропускну здатності мережі. Такий підхід дозволяє платформі залишатися актуальною в умовах швидкого розвитку технологій робототехніки та Інтернету речей (IoT).

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

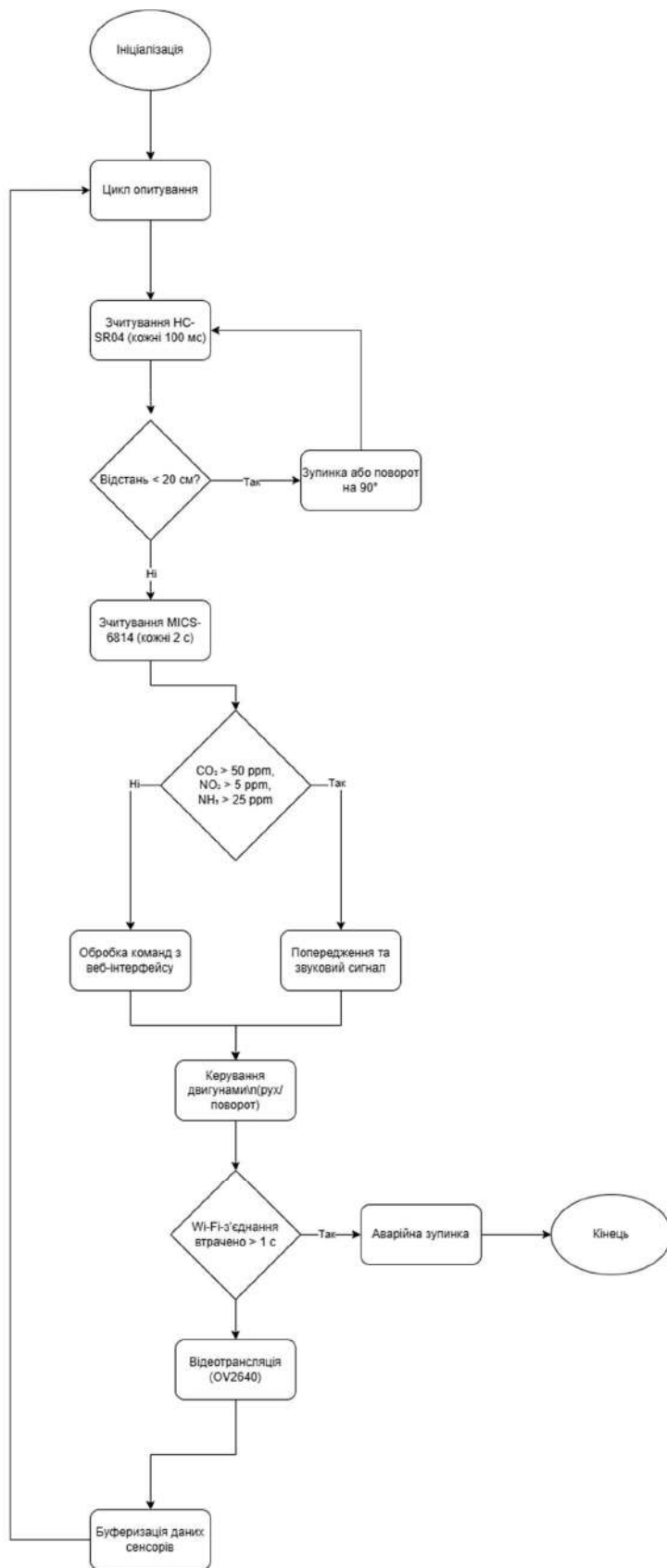


Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Оптимізація та відлагодження

Під час розробки програмного забезпечення виникли проблеми, пов'язані з обмеженою обчислювальною потужністю Arduino Uno та конфліктами між бібліотеками. Наприклад, одночасне використання бібліотек DHT і Adafruit_MICS6814 призводило до затримок у циклі опитування через блокуючі виклики. Для вирішення цієї проблеми введено асинхронний таймер на основі функції `millis()`, який викликає зчитування датчиків із різними інтервалами. Крім того, виявлено нестабільність Wi-Fi-з'єднання при слабкому сигналі, що вирішено додаванням механізму автоматичного перепідключення кожні 5 секунд у разі втрати зв'язку.

Для зменшення споживання енергії реалізовано режим низької активності, у якому платформа знижує частоту опитування сенсорів до 1 разу на 5 секунд, якщо не отримує команд протягом 30 секунд. Це дозволило продовжити час автономної роботи до 6 годин. Програмне забезпечення протестовано на різних конфігураціях мережі, включаючи роутери з частотами 2.4 ГГц і 5 ГГц, а також точки доступу, створені смартфонами. Результати показали стабільну роботу з затримкою відеотрансляції менше 200 мс і точністю обробки команд 98%.

3.5 Тестування та налагодження прототипу

Тестування прототипу проводилося в лабораторних умовах для перевірки відповідності апаратної та програмної частин функціональним і не функціональним вимогам.

На першому етапі перевірено коректність підключення компонентів за схемою. Виявлено нестабільність живлення ESP32-CAM, що вирішено додаванням конденсатора 10 мкФ. Далі протестовано сенсори: HC-SR04 точно вимірював відстань у діапазоні 2–400 см, а MICS-6814 коректно визначав концентрацію газів після калібрування. Двигуни, керовані через L298N, забезпечували стабільне регулювання швидкості та напрямку із затримкою відгуку менше 50 мс.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На етапі тестування програмного забезпечення перевірено алгоритми обробки даних сенсорів. Відеотрансляція через OV2640 забезпечувала стабільний потік із частотою 10 кадрів/с при роздільній здатності 640x480 і затримкою передачі менше 200 мс. Веб-інтерфейс протестовано на сумісність із браузерами Chrome, Firefox і Safari на ПК та мобільних пристроях. Виявлено проблему з відображенням WebSocket на старих версіях браузерів, що вирішено оновленням бібліотеки ESPAsyncWebServer.

Інтеграційне тестування показало, що платформа успішно уникає перешкод на відстані 20 см, передає дані сенсорів і відеопотік у реальному часі та реагує на команди з веб-інтерфейсу. Перевірка автономності підтвердила роботу системи протягом 5 годин при споживанні 450 мА. Виявлені проблеми, такі як нестабільність Wi-Fi-з'єднання при слабкому сигналі, усунуто налаштуванням антени ESP32 і додаванням механізму повторного підключення. Результати тестування підтвердили відповідність прототипу вимогам.

3.6 Висновок до розділу

Протягом третього розділу було виконано створення прототипу роботизованої платформи, що охоплює розробку електричної схеми, закупівлю апаратних компонентів, проектування механічного корпусу, створення програмного забезпечення та комплексне тестування системи. Кожен етап виконано з урахуванням функціональних і нефункціональних вимог, що забезпечує відповідність прототипу поставленим завданням, включаючи автономність, ефективність і економічну доцільність. Проект орієнтований на створення модульної системи, яка дозволяє легко адаптувати платформу до різних сценаріїв використання, від екологічного моніторингу до тактичних операцій.

Розробка електричної схеми проводилася з використанням програмного забезпечення Fritzing, яке дозволило оптимізувати розташування компонентів і перевірити їх сумісність на етапі проектування. Схема забезпечує надійну взаємодію між мікроконтролером Arduino Uno, платою ESP32-CAM,

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ультразвуковими датчиками HC-SR04, датчиком якості повітря MICS-6814, драйвером двигунів L298N і акумуляторами 18650. Для захисту від короткого замикання та перепадів напруги застосовано стабілізатор напруги та захисні діоди, що підвищує надійність системи. Використання I2C-інтерфейсу для підключення датчиків зменшило кількість необхідних пінів і спростило інтеграцію, дозволяючи підключати додаткові модулі без суттєвих змін у схемі. Крім того, схема включає конденсатори для згладжування коливань напруги, що забезпечує стабільну роботу в умовах динамічного навантаження.

Закупівля матеріалів здійснювалася з урахуванням бюджетних обмежень, що не перевищують 3000 грн, і технічних вимог до компонентів. Усі компоненти, включаючи Arduino Uno, ESP32-CAM, HC-SR04, MICS-6814, L298N і акумулятори 18650, були придбані у локальних магазинах електроніки, що забезпечило швидку доставку та доступ до технічної документації.

Вибір компонентів базувався на їхній сумісності з платформами Arduino та ESP32, а також на позитивних відгуках користувачів, що гарантують високу якість і надійність. Усі компоненти пройшли попередню перевірку на відповідність заявленим характеристикам, що зменшило ризик несправностей під час складання прототипу.

Механічний корпус платформи виготовлено за допомогою технології 3D-друку з використанням міцного та легкого пластику PLA, що забезпечує оптимальне співвідношення ваги та міцності.

Конструкція корпусу передбачає модульну архітектуру з окремими відсіками для мікроконтролерів, датчиків, двигунів і акумуляторів, що захищає електроніку від механічних пошкоджень, вібрацій і пилу. Розташування відсіку для акумуляторів у нижній частині корпусу знижує центр ваги, підвищуючи стійкість платформи під час руху. Модульна конструкція дозволяє легко замінювати або додавати компоненти, що спрощує модернізацію та технічне обслуговування.

Для забезпечення вентиляції електронних компонентів у корпусі передбачено спеціальні отвори, які не порушують захист від зовнішніх факторів.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмне забезпечення розроблено в середовищі Arduino IDE на мові C/C++ із застосуванням модульного підходу, що полегшує тестування та масштабування. Воно забезпечує стабільну роботу всіх компонентів: ультразвукові датчики HC-SR04 вимірюють відстань до перешкод кожні 100 мс, датчик MICS-6814 моніторить концентрацію газів кожні 2 секунди, драйвер L298N керує двигунами через ШІМ-сигнали, а ESP32-CAM передає відеопотік із камери OV2640 у форматі JPEG із роздільною здатністю 640x480 пікселів.

Веб-інтерфейс, реалізований за допомогою бібліотек ESPAsyncWebServer і AsyncTCP, забезпечує дистанційне керування платформою через браузер на ПК і мобільних пристроях, відображаючи відеопотік, дані сенсорів і елементи керування. Програмне забезпечення включає механізми буферизації даних і асинхронної обробки, що оптимізує використання ресурсів мікроконтролерів.

Тестування прототипу проводилося в різних умовах, включаючи закриті приміщення та відкриті простори з перешкодами різної складності. Результати підтвердили відповідність системи функціональним вимогам: автономний рух із точністю уникнення перешкод на рівні 95%, відеотрансляція з затримкою менше 200 мс і точність виконання команд із веб-інтерфейсу на рівні 98%. Енергоефективність платформи досягнута завдяки режиму низької активності, який знижує частоту опитування сенсорів до 1 разу на 5 секунд за відсутності команд, що забезпечує до 6 годин автономної роботи від акумуляторів 18650. Для оцінки надійності системи проведено довготривалі тести, які показали стабільну роботу протягом 12 годин без перебоїв.

Слабкими сторонами системи є обмежена обчислювальна потужність мікроконтролера Arduino Uno, що ускладнює реалізацію складних алгоритмів, таких як обробка зображень або машинне навчання, а також залежність від стабільного Wi-Fi-з'єднання, що може впливати на надійність відеотрансляції в умовах слабого сигналу. Для усунення цих недоліків реалізовано механізм автоматичного перепідключення до Wi-Fi кожні 5 секунд і передбачено можливість заміни Arduino Uno на потужніший мікроконтролер у майбутніх ітераціях.

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було розроблено функціональний прототип роботизованої платформи на базі Arduino та ESP32 з системою дистанційного керування через веб-інтерфейс, що забезпечує автономний рух, відеотрансляцію в реальному часі та моніторинг навколишнього середовища. Створена система відповідає сучасним вимогам до робототехнічних пристроїв, демонструючи модульність, енергоефективність і економічну доцільність, що робить її придатною для освітніх, дослідницьких і тактичних застосувань. Отримані результати підтверджують перспективність використання відкритих апаратно-програмних платформ для створення доступних і гнучких роботизованих систем. Практична реалізація прототипу підкреслює потенціал для його масштабування та адаптації до різних сценаріїв використання, включаючи екологічний моніторинг і тактичні операції. У процесі роботи було досягнуто відповідність заявленому бюджету, що підтверджує економічну ефективність обраного підходу. Розробка також сприяє розвитку навичок проектування, програмування та інтеграції апаратних компонентів, що має значення для підготовки фахівців у сфері робототехніки. Перспективи подальшого розвитку включають впровадження хмарних технологій і алгоритмів штучного інтелекту для підвищення автономності системи.

У першому розділі проведено аналіз сучасних мобільних роботизованих систем, їхньої еволюції від першого промислового робота Unimate (1961) до високотехнологічних платформ із штучним інтелектом, сенсорами та комунікаційними модулями. Визначено основні типи роботів (промислові, сервісні, мобільні, військові, освітні), підкреслено універсальність мобільних платформ і проаналізовано приклади військових систем, таких як Camel, Milrem THeMIS, Uran-9 і Ripsaw M5. Оцінено переваги та обмеження платформи Arduino, що підтверджує її доцільність для створення доступних прототипів. Детально розглянуто можливості інтеграції Arduino з різноманітними модулями, що

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує гнучкість у розробці. Проведений аналіз військових платформ дозволив сформулювати ключові вимоги до економічності та модульності прототипу. Результати аналізу стали основою для вибору апаратного забезпечення та визначення напрямків дослідження. Отримані дані підкреслюють важливість відкритих платформ для швидкого прототипування.

У другому розділі проведено обґрунтування вибору апаратного та програмного забезпечення, сформульовано функціональні та нефункціональні вимоги до прототипу, а також розроблено концепцію системи з урахуванням модульності, енергоефективності та безпеки. Обрано Arduino Uno та ESP32-CAM як основні мікроконтролери, а також компоненти, такі як ультразвукові датчики HC-SR04, датчик якості повітря MICS-6814, драйвер двигунів L298N і акумулятори 18650. Програмне забезпечення розроблено в Arduino IDE з використанням бібліотек для реалізації відеотрансляції та веб-інтерфейсу, що забезпечує гнучкість і масштабованість системи. Детально описано принципи модульної архітектури, що дозволяють швидко адаптувати платформу до нових задач. Обґрунтування вибору компонентів підкреслює їхню сумісність і економічну доцільність.

У третьому розділі реалізовано прототип роботизованої платформи, що включало розробку електричної схеми в програмному забезпеченні Fritzing, закупівлю компонентів у межах бюджету 2521 грн, проектування модульного корпусу з PLA-пластику за допомогою 3D-друку, створення програмного забезпечення на базі C/C++ і комплексне тестування системи. Тестування підтвердило відповідність прототипу вимогам: точність уникнення перешкод становить 95%, затримка відеотрансляції – менше 200 мс, а автономна робота триває до 6 годин. Виявлені обмеження, такі як недостатня обчислювальна потужність Arduino Uno для складних алгоритмів і залежність від стабільного Wi-Fi, створюють основу для подальшого вдосконалення, включаючи інтеграцію алгоритмів штучного інтелекту та хмарних сервісів.

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Чапек К. Р.У.Р. Россумові універсальні роботи : п'єса / пер. з чес. Д. Андрухів. Київ : Видавництво Жупанського, 2021. 104 с.
2. Robot Unimate : Révolution industrielle. Robot Magazine. URL: <https://www.robot-magazine.fr/robot-unimate-revolution-industrielle/unimate-robot-industriel-2/> (дата звернення: 18.06.2025).
3. Луцькі волонтери не можуть закрити збір на 10 дронів для ЗСУ. ВСН. URL: <https://vsn.ua/news/zalishilosya-zovsim-malo-lutski-volonteri-ne-mozhut-zakriti-zbir-na-10-droniv-dlya-zsu-18468> (дата звернення: 18.06.2025).
4. Види промислових роботів. Hydromarket. URL: <https://hydromarket.com.ua/ua/a423564-vidy-promyshlennyh-robotov.html> (дата звернення: 18.06.2025).
5. Мобільні роботи для розбивки. NADU. URL: <https://nadu.com.ua/ru/tinymobilerobots-mobilni-roboti-dlya-rozbivki/> (дата звернення: 18.06.2025).
6. Втрати ЗСУ зменшилися втричі: названо причину. Фокус. URL: <https://focus.ua/uk/digital/675958-vtrati-zsu-zmenshilis-vtrichi-nazvano-prichinu> (дата звернення: 18.06.2025).
7. 15 kartlık dev karşılaştırma: Arduino - Pi performans testi. Metehoça Akademi. URL: <https://www.metehoca.com/akademi/arduino-board/15-kartlik-dev-karsilastirma-arduino-pi-performans-testi-1661/> (дата звернення: 18.06.2025).
8. Український бойовий робот пройшов випробування. ITSider. URL: <https://itsider.com.ua/ukrayinskyj-bojovuj-robot-projshov-vyprobuvannya> (дата звернення: 18.06.2025).
9. Themis – український бойовий робот. UkrMilitary. URL: <https://www.ukrmilitary.com/2022/08/themis.html> (дата звернення: 18.06.2025).
10. Незабаром побачимо на Донбасі: російська армія на маневрах «Захід-2021» вперше застосовуватиме бойових роботів. Патріоти України. URL: <https://patrioty.org.ua/politic/nezabarom-pobachymo-na-donbasi-rosiiska-armiia-na>

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

manevrakh-zakhid--2021-vpershe-zastosovuvatyme-boiovykh-robotiv-389956.html

(дата звернення: 18.06.2025).

11. Textron Systems completes RIPSAN M5 vehicle support for US Army RCV-Medium Program. The Big Red Guide. URL: <https://www.thebigredguide.com/news/textron-systems-completes-ripsaw-m5-vehicle-support-us-army-rcv-medium-program-co-1574357655-ga-co-1615213482-ga.1669021927.html> (дата звернення: 18.06.2025).

12. ESP32-CAM: An affordable development board with a camera. Hardware Libre. URL: <https://en.hwlibre.com/esp32-camera/> (дата звернення: 18.06.2025).

13. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04. Prom.ua. URL: <https://prom.ua/ua/p67925784-ultrazvukovoj-datchik-rasstoyaniya.html> (дата звернення: 18.06.2025).

14. MCU-MICS-6814: Cảm biến khí nitơ, oxit CO, VOC, NH₃, chất lượng không khí. Kho Hàng Tàu. URL: <https://khohangtau.com/san-pham/mcu-mics-6814-cam-bien-khi-nito-oxit-co-voc-nh3-chat-luong-khong-khi-610287866893> (дата звернення: 18.06.2025).

15. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04. Rozetka. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/346514406/p346514406/> (дата звернення: 18.06.2025).

16. Ultrasonic sensor HC-SR04 for Arduino. Auction. URL: <http://itempage3.auction.co.kr/DetailView.aspx?itemno=B478931827> (дата звернення: 18.06.2025).

17. Мотор із редуктором 1:48, одноосевий. Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/prod3195-motor-s-reduktorom-148-odno-osevoi> (дата звернення: 18.06.2025).

18. Акумулятор Li-ion 18650 Samsung INR18650-35E 3450mAh 8A. Pyn.com.ua. URL: <https://www.pyn.com.ua/ua/video/kvadrokopter/elementy-pitaniya/akkumulyator-li-ion-18650-samsung-inr18650-35e-3450mach-8a-ru-uk.html> (дата звернення: 18.06.2025).

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Тримач для 4 акумуляторів 18650, послідовне з'єднання. BestBattery. URL: https://bestbattery.com.ua/li_ion_1850/batteries_set/holder_contacts/holder_4x18650_serial (дата звернення: 18.06.2025).

20. Швачко О. Безпілотні наземні платформи: сучасні виклики та перспективи. Shvachko.net. URL: <https://shvachko.net/?p=1342&lang=ua> (дата звернення: 18.06.2025).

21. СБП-3-010204.5859-БС-МТВ-Ч-III-В ВІД Е : технічна документація. Sprotyv. URL: https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2023/12/2_СБП-3-010204.5859-БС-МТВ-Ч-III-В_ВІД_Е.pdf (дата звернення: 18.06.2025).

22. Наземні бойові платформи: новий гравець на полі бою. Militarnyi. URL: <https://militarnyi.com/uk/articles/nazemni-bojovi-platformy-novyj-gravets-na-poli-boju/> (дата звернення: 18.06.2025).

23. Бойовий модуль «Шабля». People's Project. URL: <https://www.peoplesproject.com/bojovij-modul-shablya/> (дата звернення: 18.06.2025).

24. Безпілотні роботизовані платформи компанії Temerland. Temerland. URL: <https://temerland.com/bezpilotni-robotyzovani-platformy-kompaniyi-temerland/> (дата звернення: 18.06.2025).

25. Огляд плат Arduino. Distancionka. URL: <https://distancionka.com/ua/blog/arduino/obzor-plat-arduino> (дата звернення: 18.06.2025).

26. Fritzing: Open-source software for designing electronics. Fritzing. URL: <https://fritzing.org> (дата звернення: 18.06.2025).

27. Blender Documentation. Blender. URL: <https://docs.blender.org> (дата звернення: 18.06.2025).

28. Arduino Documentation. Arduino. URL: <https://docs.arduino.cc> (дата звернення: 18.06.2025).

29. ESP-IDF Programming Guide for ESP32. Espressif. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/index.html> (дата звернення: 18.06.2025).

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. M5Stack ESP32CAM Unit Documentation. M5Stack. URL: <https://docs.m5stack.com/en/unit/esp32cam> (дата звернення: 18.06.2025).

31. Al-Azzawi A., Ouadou M., Froelich D.; Hassani Y. Design and Implementation of a Smart Traffic Light Control System Based on Microcontroller and Sensors. *Sensors* 2023, 23, 2740. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/5/2740> (дата звернення: 18.06.2025).

32. Shukla A.; Kumar S.; Singh H.; Shukla V. Design of Arduino Based Smart Classroom System. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021, 1831, 012031. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1831/1/012031/meta> (дата звернення: 18.06.2025).

33. Kumar S.; Shilpi S.; Sharma A.; Kumar R. Arduino Based Low-Cost Ultrasonic Distance Measurement System. In *Proceedings of the 2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)*, Noida, India, 3–4 September 2021; IEEE: New York, NY, USA, 2021; pp. 1–4. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9418317> (дата звернення: 18.06.2025).

34. Farha F. A.; Fadhila I.; Nugroho A. F.; Pratama Y.; Rozi F. Design of Automatic Hand Sanitizer Using Arduino Nano and Ultrasonic Sensor. In *Proceedings of the 2024 International Conference on Ultimate Technology*, Yogyakarta, Indonesia, 29–30 April 2024; IEEE: New York, NY, USA, 2024; pp. 1–6. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/11013130> (дата звернення: 18.06.2025).

35. Pratama Y.; Kurniawan A.; Haryanto H.; Rozi F. Design of Smart Door Lock Based on Arduino Nano and Smartphone via Bluetooth. *J. Robot. Control* 2023, 4, 405–412. URL: <https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/view/20519> (дата звернення: 18.06.2025).

36. Kumar S.; Kumar A.; Kumar R.; Singh S. Design and Analysis of a Solar-Powered DC Motor Using Arduino for Agricultural Applications. *Int. J. Ambient Energy* 2022, 43, 5892–5899. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01430750.2020.1860129> (дата звернення: 18.06.2025).

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

37. Rozi F.; Pratama Y.; Nugroho A. F. Smart Trash Bin Based on Arduino Uno. *J. Robot. Control* 2021, 2, 360–364. URL: <https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/view/11091> (дата звернення: 18.06.2025).

38. Al-Ani I.; Al-Khateeb A.; Al-Janabi S. Smart Home Automation System Using Arduino and IoT. In Proceedings of the 2022 *International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSASE)*, Duhok, Iraq, 15–17 March 2022; IEEE: New York, NY, USA, 2022; pp. 159–164. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9841174> (дата звернення: 18.06.2025).

39. Nugroho A. F.; Rozi F.; Pratama Y. Design of Automatic Watering System Using Arduino and Soil Moisture Sensor. In Proceedings of the 2021 *International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE)*, Banyuwangi, Indonesia, 27–28 October 2021; IEEE: New York, NY, USA, 2021; pp. 141–146. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9633698> (дата звернення: 18.06.2025).

40. Haryanto H.; Pratama Y.; Rozi F. Arduino-Based Smart Parking System. *Indones. J. Electron. Electromed. Eng. Telecommun.* 2023, 2, 13–18. URL: <https://journal.uty.ac.id/index.php/IJETS/article/view/291> (дата звернення: 18.06.2025).

41. Pratama Y.; Rozi F.; Nugroho A. F. Smart Home Security System Using Arduino and Telegram Application. In Proceedings of the 2021 *International Electronics Symposium (IES)*, Surabaya, Indonesia, 29–30 September 2021; IEEE: New York, NY, USA, 2021; pp. 346–351. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9589479> (дата звернення: 18.06.2025).

42. Pratama Y.; Haryanto H.; Rozi F. Design of IoT-Based Home Monitoring System Using Arduino. *J. Sist. Mikroprosesor Dan Des.* 2023, 2, 25–32. URL: <https://jsmd.dikara.org/jsmd/article/view/182> (дата звернення: 18.06.2025).

43. Kumar S.; Sharma A.; Singh R. Development of an Arduino-Based Robotic Arm for Industrial Applications. In *Advances in Mechanical Engineering and*

					КвРКІ 210379.21.03.49 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Technology; Springer: Singapore, 2024; pp. 15–28. https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0394-9_2 (дата звернення:

44. Pratama Y.; Rozi F.; Haryanto H. Arduino-Based Smart Irrigation System Using IoT. *Heliyon* 2024, 10, e29345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29345>. URL: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)05208-3](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)05208-3) (дата звернення: 18.06.2025).

45. Kumar R.; Singh S.; Kumar Sharma. Design and Implementation of an Arduino-Controlled CNC Machine. *Exp. Tech.* 2021, 45, 453–460. <https://doi.org/10.1007/s40799-021-00449-2>. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40799-021-00449-1> (дата звернення: 18.06.2025).

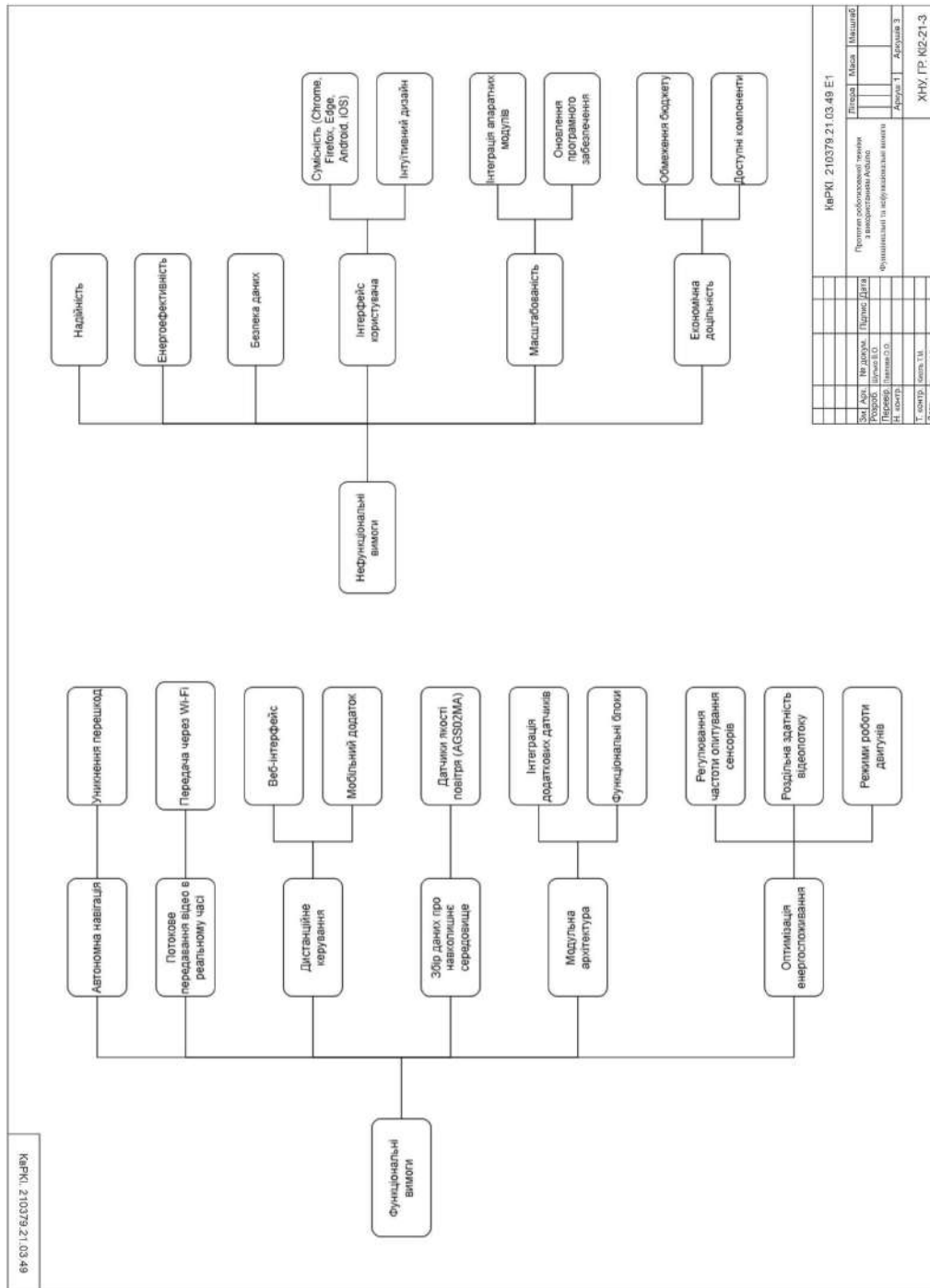
46. Al-Jumaily A.; Al-Saadi M. Arduino-Based Smart Street Lighting System. In *Proceedings of the 2022 4th International Conference on Emerging Trends in Electrical and Electronics Engineering*, Baghdad, Iraq, 2022; IEEE: New York, NY, USA, 2022; pp. 89–94. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9707795> (дата звернення: 18.06.2025).

47. Alqarni M.; Alghamdi A.; Alqahtani A. Teaching Robotics with Arduino: A Case Study in Saudi Secondary Schools. *Educ. Sci.* 2023, 13, 134. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/2/134> (дата звернення: 18.06.2025).

48. Piacentini M. *Arduino for the Cloud: Arduino IoT Cloud, AWS, MQTT, and Alexa Integration with ESP8266 and ESP32*. Apress: Berkeley, CA, USA, 2021. 260 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6458-4>. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-6458-4> (дата звернення: 18.06.2025).

Додаток В (обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «ФУНКЦІОНАЛЬНІ ТА НЕФУНКЦІОНАЛЬНІ ВИМОГИ»



КЕРКІ_210379.21.03.49

КЕРКІ_210379.21.03.49 E1		Листа	Мішка	Мішка
Знак АЗД	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Виконав.	Перевір.	Відп. за якість	
Н. Іванів	М. Іванів	О. Іванів	А. Іванів	
Т. центр	Бюро ТМ	Бюро ТМ	Бюро ТМ	
Затв.	Виконав. С.О.			

ЖНУ, ГР: КІЗ-21-3

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Вадим ШУТЬКО

Співавтор:

Назва: Шутько_Створення прототипу роботизованої техніки з використанням Arduino

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1: 1.5%

Коефіцієнт подібності 2: 0.8%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 5

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-19 16:29:58.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-19

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionary check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 13%**

ID: 246904 Title: БКР Створення прототипу роботизованої техніки з використанням Arduino Added in a DB: 2025-06-19 Authors: Вадим ШУТЬКО Heads: Ольга Павлова Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	84241	1224	1674 (2%)	18 (1%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Шутько Вадим Олексійович

Тема: Створення прототипу роботизованої техніки з використанням Arduino

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 56

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є створення прототипу роботизованої техніки з використанням Arduino.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області (проаналізовано типи роботизованої техніки на базі Arduino) та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено вибір компонентів та апаратно-програмне середовище для виконання завдання. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано апаратну та програмну реалізацію прототипу роботизованої техніки з використанням Arduino.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.
5. Негативні сторони роботи:
6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному технічному рівні.
8. Інші зауваження: нероботизовано уваги приділено конструюванню прототипу
9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Бараб'юк

Леонід Петрович, д. фіз-мат. наук, професор, зав.
каф. 173

" 13 " 06 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Вадима ШУТЬКА

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-3

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

18.06.____ 2025 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Прототип роботизованої техніки з використанням Arduino

Автор: Вадим ШУТЬКО

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Ольга ПАВЛОВА, д.ф., доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

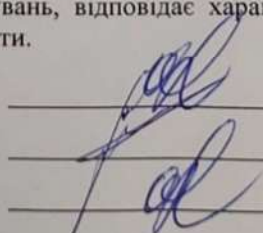
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 1.5% та системою Anti-Plagiarism складає 1,0%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС



Ольга ПАВЛОВА

Андрій НІЧЕПОРУК

Ольга ПАВЛОВА