

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

_____ Розробка шасі роботизованої платформи з адаптивним кліренсом для
виробничої сфери _____
(тема)

Виконав:
студент 3 курсу, групи АКТАКІТ-21-1
Д.В.Дорогань
(ініціали, прізвище)

Спеціальність 151- Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц.каф. О.В. Сичова
(посада, ініціали, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

_____ І.Ш.Невлюдов _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедри

(ініціали, прізвище) (підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Дорогань Данило Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка шасі роботизованої платформи з адаптивним кліренсом для виробничої сфери
затверджена наказом університету від 20 травня 2024 р. № Ст 477
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 20 червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи Розробити роботизовану платформу з адаптивним кліренсом. Платформа повинна підіймати привід і тим самим збільшуючи кліренс і долати перешкоду. Платформа розроблена на базі плати Arduino UNO.
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
 - 4.1 вступ
 - 4.2 розробка конструкції
 - 4.3 реалізація коду
 - 4.4 охорона праці
 - 4.5 висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) _____

Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.pptx) – 12 с _____

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання до кваліфікаційної роботи	08.05.2024	виконано
2	Вступ	08.05.2024 - 09.05.2024	
3	Дослідження предметної області	10.05.2024 - 15.05.2024	
4	Аналіз пристроїв аналогічного призначення	16.05.2024 - 20.05.24	
5	Вибір потрібних компонентів	21.05.2024 - 2.06.24	
6	Розробка програмного забезпечення	3.05.2024 - 10.06.24	
7	Охорона праці	11.06.2024 - 12.06.24	
8	Висновки	13.06.2024 - 14.06.24	
9	Оформлення пояснювальної записки	14.06.2024 - 15.06.24	

Дата видачі завдання 8 квітня 2024 р.

Студент _____

(підпис)

Д.В.Дорогань _____

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи _____

(підпис)

доц. кафедри КІТАР О.В. Сичова

(посада, ініціали, прізвище)

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

20.06.2024
(дата)

(підпис)

Д.В.Дорогань
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить: 57 стор., 4 табл., 12 рис., 2 дод., 9 джерел, 7 скорочень.

РОБОТИЗОВАНА ПЛАТФОРМА, АДАПТИВНИЙ КЛІРЕНС, ВИРОБНИЧА СФЕРА, ARDUINO UNO.

Об'єктом роботи є конструювання роботизованої платформи, яка включає в себе будівництво структурної схеми, створення ескізу, та підбір компонентів.

Предметом розробки є роботизована платформа з адаптивним кліренсом для виробничої сфери.

Метою роботи є розробка макету роботизованої платформи з адаптивним кліренсом.

Після проведення аналізу існуючих платформ був розроблена структурна схема. За допомогою структурної схеми були підібрані потрібні компоненти такі як плата Arduino UNO Bluetooth модуль серводвигуни та електродвигуни. Керування буде здійснюватися за допомогою Bluetooth модуля буде здійснюватися переміщення платформи а також відбуватиметься функція адаптивного кліренсу. Також був написаний код для роботи платформи.

ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work contains: 57 pp., 4 table, 12 figures, 2 appendices, 9 sources, 7 abbreviations.

ROBOTIC PLATFORM, ADAPTIVE CLEARANCE, PRODUCTION FIELD, ARDUINO UNO.

The object of research work is the construction of a robotic platform, which includes the construction of a structural diagram, the creation of a sketch, and the selection of components.

The subject of development is a robotic platform with adaptive clearance for the production sector.

The purpose of the work is to develop a layout of a robotic platform with adaptive clearance.

After analyzing the existing platforms, a structural diagram was developed. With the help of the structural diagram, the necessary components were selected, such as the Arduino UNO board, Bluetooth module, servomotors and electric motors. The control will be carried out using a Bluetooth module, the platform will be moved and the adaptive clearance function will also take place. The code for the platform was also written.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Аналіз технічного завдання	11
1.1 Аналіз типів роботизованих платформ	11
1.2 Постановка завдання на розробку	19
2 Розробка конструкції.....	20
2.1 Розробка структурної схеми	20
2.2 Вибір компонентної бази	21
2.2.1 Характеристики платформи Arduino UNO R3	21
2.2.2 Характеристики драйверу двигунів на L298N	23
2.2.3 Характеристики Bluetooth модуля HC-06	23
2.3 Опис схеми роботизованої платформи.....	25
3 Реалізація програмної частини	27
3.1 Аналіз параметрів мотора з редуктором і передаточна функція	27
3.2 Розбір коду платформи	30
3.3 Охорона праці	35
Висновки.....	39
Перелік джерел посилання	40
Додаток А Лістинг коду.....	42
Додаток Б Графічний матеріал.....	47

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Вимк – вимикання.

Вмк – вмикання.

5VEN – 5 Volt Enable.

GND – Ground.

RXD – Receive Data.

TXD – Transmit Data.

VCC – Voltage Common Collector.

ВСТУП

На сьогоднішній день роботизовані платформи є дуже важливою частиною виробничої сфери. Так як вони використовуються не тільки для вивантаження та перевезення різноманітних вантажів, а й ще для обслуговування, монтаж та складання різноманітного обладнання, прибирання та робота в небезпечних умовах.

Метою даної кваліфікаційної роботи є створення макету роботизованої платформи з адаптивним кліренсом для виробничої сфери. Розробка подібного макету включають в себе такі аспекти як аналіз існуючих на даний момент роботизованих платформ, створення ескізу, підбір необхідних компонентів.

Для вирішення мети кваліфікаційної роботи було поставлено і виконано наступні задачі:

- розробка структурної схеми;
- підбір та опис компонентів на якій буде працювати шасі;
- розробка ескізу;
- розробка коду для роботи платформи.

У першій частині основної частини звіту буде проведено аналіз існуючих платформ що дозволить визначити основні вимоги до роботу та постановити завдання на розробку.

У другій частині описана структурна схема за допомогою якої можна визначити основні функціональні частини та взаємозв'язок між ними. Також були описані характеристики вибраних компонентів для платформи. Створений ескіз на якому показано як будуть розташовані компоненти, а також зовнішній вид самої платформи.

В третій частині надано код з описом функцій та змінних які використовуються для роботи з платформою.

Ця кваліфікаційна робота націлена на створення достатньо зручного в експлуатації та ефективної роботизованої платформи.

Кваліфікаційна робота виконана згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також з методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [2].

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз типів роботизованих платформ

Роботизовані платформи можуть бути поділені на колісні, ножні, гусеничні та комбіновані платформи.

Колісні платформи використовують колеса для транспортування. Вони виконують базові завдання на двох або чотирьох колесах, або навіть на всіх колесах, що дозволяє їм рухатися у будь-якому напрямку. Використовуються у різних сферах виробництва, транспорту та наукових досліджень.

Роботи на колесах є дуже популярними на ринку споживчих товарів. Вони відзначаються невеликою вартістю та простотою використання, і можуть мати будь-яку кількість коліс, однак для статичного та динамічного балансу досить трьох коліс. Додаткові колеса можуть покращити балансування, але для підтримки всіх коліс на ґрунті потрібні додаткові механізми, особливо на нерівному ґрунті. Колісний робіт вважається кращим завдяки простоті механізму переміщення. Він може користуватися різними методами транспортування в залежності від кількості коліс. Двоколісні роботи керують своїм напрямком за допомогою методу диференціального керування. Цей спосіб можна використовувати при виробництві трьохколісних та чотирьохколісних машин. Крім методу диференціального керування, чотириколісні роботи можуть використовувати методи керування, схожі на автомобіль, та багатоколісні роботи можуть виконувати як диференціальне керування, так і методи автомобільного керування (рис. 1.1).

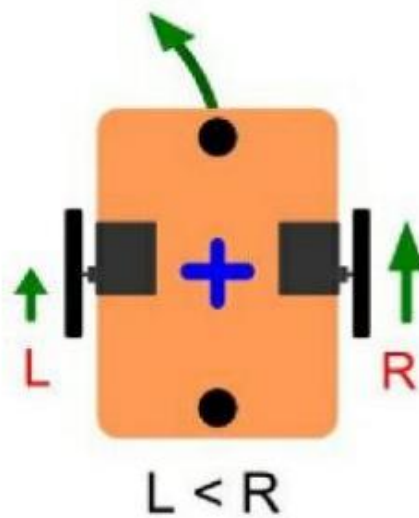


Рисунок 1.1 – Кінематичне зображення методу розвороту на місці

Колеса полегшують переміщення, зменшуючи тертя. Багато робочих машин мають 3 колеса, 2 двигуни та 2-швидкісні контролери. Колісна база допомагає швидко рухатися, вони легко керуються, можуть обертатися на місці або маневрувати вузькими місцями, і вони полегшують керування, що в порівнянні з гусеницями (рис. 1.2)[3].

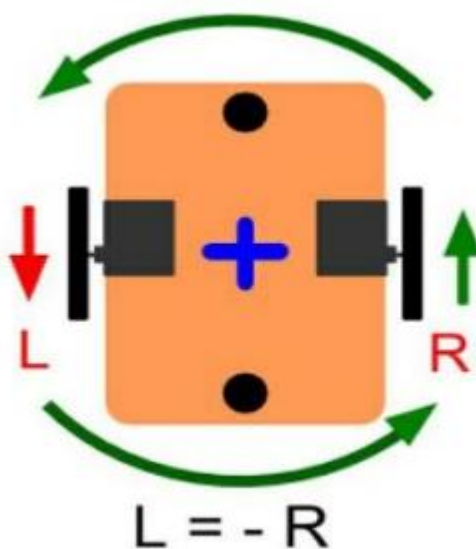


Рисунок 1.2 – Кінематичне зображення методу розвороту по дузі

Колісні машини можуть швидко переміщатися і відмінно маневрувати на рівній поверхні, і вони також підходять для використання на відкритих майданчиках або складах.

До недоліків колісних платформ можна віднести обмежену прохідність, тобто уміння подолати нерівності та залежність від поверхні, наприклад піски або глибокий сніг, де колеса можуть застрягти.

Ножні або крокуючі платформи – це пристрої, які використовують механічні "ноги" для переміщення, що дає їм змогу рухатися по нерівній місцевості, включаючи сходи та інші перешкоди. Роботи з ходьби є предметом активних досліджень і використовуються в різних галузях, включаючи рятувальні операції та медицину.

Переваги включають адаптивність до нерівностей, що дозволяє легко подолати перешкоди, а також стійкість на нерівних поверхнях.

Недоліки таких платформ полягають у помірній швидкості та складності розробки та управління.

У гусеничних платформ використовується гусеничний привід для переміщення, що дозволяє їм волі по перешкодам і нерівностям, а також забезпечує високий рівень стабільності. Ці проекти широко застосовуються в сфері важкої промисловості, військових цілях та для дослідження недоступних місць.

Більшість роботів, які використовуються в промисловості, є маніпуляторами, встановленими на корпусі рухомої платформи. Роботи, які використовуються військовими та рятувальниками в небезпечних для людини місцях, зазвичай мають кілька типів платформ, таких як гусеничне та колісно-гусеничне шасі. Таким чином, ми сконцентруємося на перевагах цієї платформи. Висока прохідність гусеничного шасі була досягнута завдяки використанню взаємопов'язаних металевих пластин або суцільних гумових полотен різної форми з протекторами. Ланцюжкові стрічки, які закріплені між собою, або гусениці, установлюються на катки вздовж лівого та правого бортів платформи. Для забезпечення великого крутного моменту безпосередньо на

гусениці є (рис. 1.3), які торкаються катків. У деяких випадках зубці розташовані на внутрішній стороні гусениці з проміжком в одну ланку. Це зроблено для збільшення площі контакту з землею у разі потреби. Для того щоб пересунути двигуни, встановлені з кожного боку, через катки і зубчасту частину гусениці приводять в рух платформу.

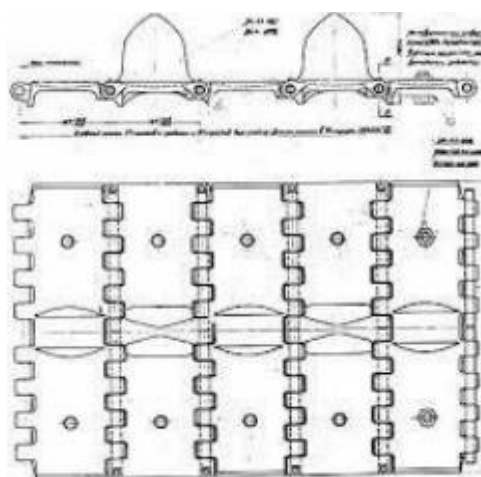


Рисунок 1.3 – Частина гусеничної стрічки

Гусеничні платформи ідеально підходять для виконання завдань на м'якому та нестабільному ґрунті. Гусеничні платформи також можуть забезпечити стабільний рух на нерівних поверхнях.

Основними недоліками гусеничних платформ є повільна швидкість і складність в програмуванні та управлінні.

Комбіновані платформи можуть складатися з елементів колісних, гусеничних та/або крокуючих систем, щоб забезпечити максимальну гнучкість та прохідність.

Комбіновані платформи мають перевагу у гнучкості в розв'язанні поставлених завдань. Недоліком є те, що виготовлення складне.

Наступний приклади будуть показані деяких роботизованих платформ. Sand Flea – це мобільна платформа з дистанційним керуванням, яка призначена для проведення розвідки в умовах міської місцевості (рис. 1.4). Головною особливістю цієї роботи є його здатність подолати високі перешкоди висотою

до 10 метрів за допомогою спеціально розробленого поршня, що виштовхує мобільну платформу в повітря за рахунок енергії стиснутого газу [4]. Так, упродовж одного періоду використання, Sand Flea може зробити до 25 стрибків. Інженери Boston Dynamics розробили спеціальну конструкцію коліс, враховуючи їх висоту та потенційну кількість (рис. 1.4), може поглинути значну частину енергії від ударної сили, що виникає при падінні на тверду поверхню робочого обладнання. Для руху використовується диференційний привід через його високу стійкість до ударів.

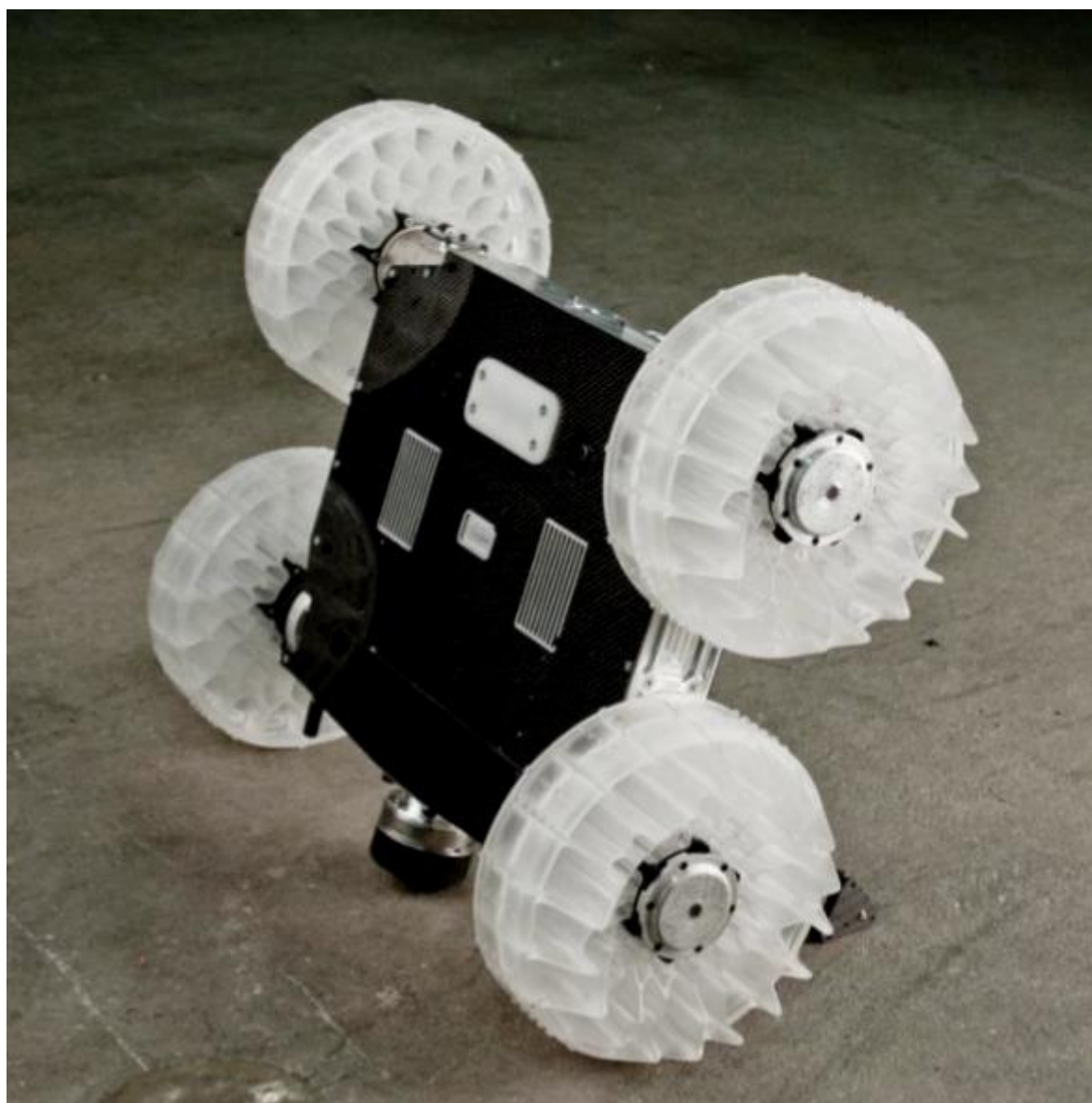


Рисунок 1.4 – Мобільна платформа Sand Flea

TurboQuad це мобільна платформа, яка відрізняється своєю здатністю здійснювати плавні та швидкісні рухи на рівних поверхнях, а також в пересіченій місцевості з використанням модульних коліс (рис. 1.5).

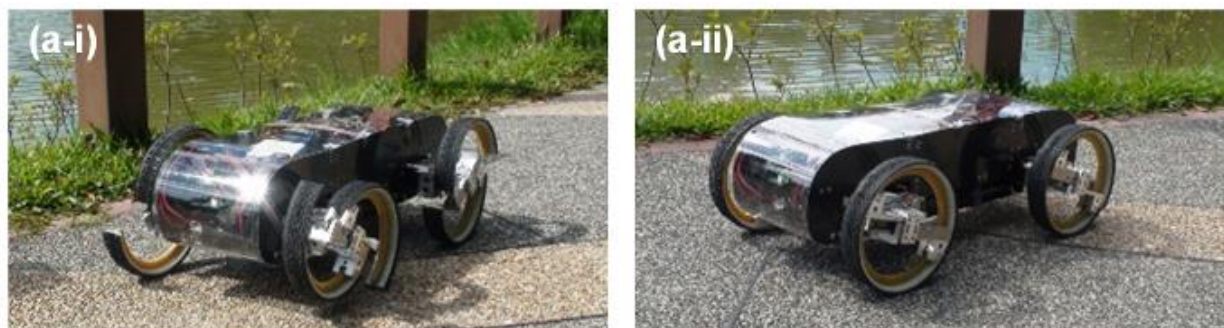


Рисунок 1.5 – Мобільна платформа TurboQuad

Робот має чотири модульні колеса, кожне з них складається з двох напівкруглих ніг, які у складеному стані утворюють колесо, а в разі потреби розгортаються у колесо s-подібної форми для подолання складних перешкод (рис. 1.6). Ця конструкція колеса дозволяє змінювати висоту розміщення робота над землею і уникнути ситуації, коли колеса підвисають над поверхнею або зупиняються через перетинання особливої форми перешкоди [5].

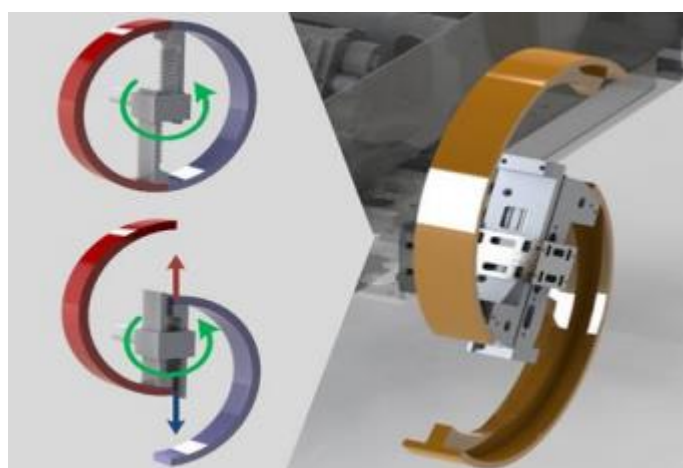


Рисунок 1.6 – Конструкція модульного колеса

Гусеничний робот DOGO (рис. 1.7), створений ізраїльською компанією General Robotics в 2016 році, для допомоги бойовим командам у міських нападах та контр терористичних операціях.



Рисунок 1.7 – Тактичний гусеничний робот Dogo

При вагу менше 12 кг тактичний гусеничний робот під назвою DOGO [6] має достатньо заряду акумулятора, що становить 2-5 годин для виконання місії. Він має вісім камер, які покривають 360 градусів. Також може бути встановлений повністю заряджений пістолет Glock 26 та його аксесуари. Транспортабельне обладнання, яке перевозиться по рейках, надає різноманітні не смертельні ефекти, такі як модуль перцю або засліплювач, який тимчасово осліплює нападника з відстані 5-10 метрів.

Ridgeback компанії 'Clearpath Robotics' (рис. 1.8) – універсальна роботизована платформа, створена для різноманітних областей застосування,

включаючи наукові дослідження, промисловість та автоматизацію. Ridgeback відрізняється своєю здатністю до маневреності, гнучкістю та можливістю інтеграції з різними типами обладнання.



Рисунок 1.8 – Ridgeback компанії 'Clearpath Robotics

До основних характеристик Ridgeback можна віднести:

- омніколеса що забезпечують всенаправлену маневреність. Це дозволяє рухатись вперед, назад, боком та обертатися на місці;
- інтегрування маніпуляторів;
- можливість інтегрування різноманітних сенсорів такі як лідари, камери інерційні вимірювальні прилади;
- Ridgeback повністю сумісний з Robot Operating System (ROS), що дозволяє легко програмувати та налаштовувати робота під конкретні задачі.

Ridgeback використовуються не тільки у виробничій сфері, але й у наукових дослідженнях, логістиці.

1.2 Постановка завдання на розробку

Для поставленої мети, а саме розробка шасі роботизованої платформи з адаптивним кліренсом мені потрібно вирішити наступні завдання:

- розробка структурної схеми;
- підбір та опис компонентів на якій буде працювати шасі;
- розробка ескізу;
- аналіз параметрів мотора з редуктором і передаточна функція;
- розробка коду для роботи платформи.

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема повинна розроблятися на перших етапах розробки проекту тому, що вона дозволяє проаналізувати всі ланки об'єкту розробки та сприяє розробці подальших схем, необхідних для його реалізації. Побудована структурна схема зображена на рисунку 2.1.

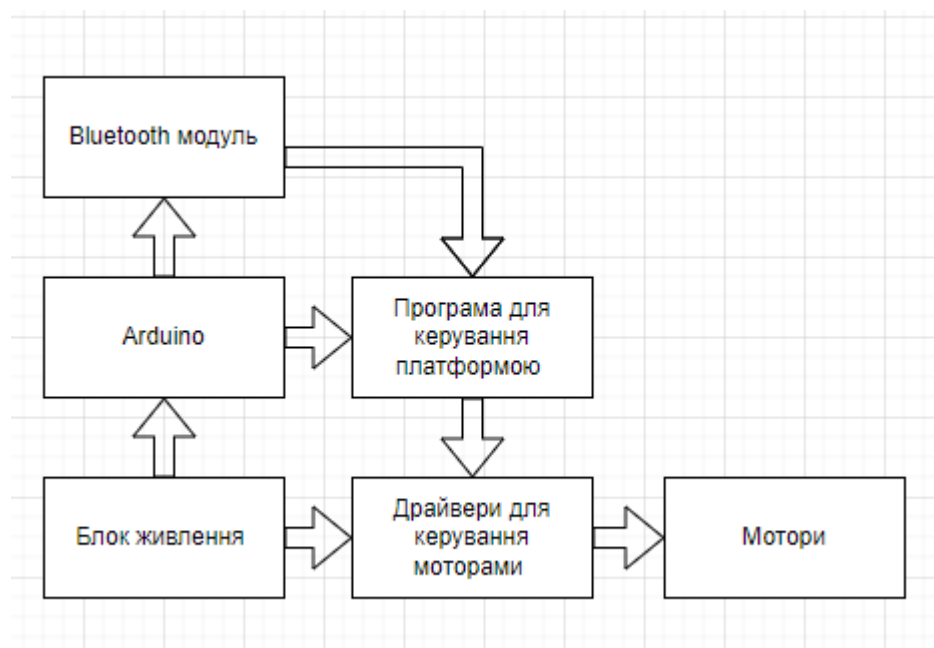


Рисунок 2.1 – Структурна схема роботизованої платформи

Система керування роботом заснована на базі платформи Arduino UNO на мікроконтролері ATmega328 та модуля керування двигунами TB6612FNG.

Дана зв'язка була обрана мною в зв'язку з тим, що ці елементи відмінно підходять один до одного, мають відносно низьку вартість та виконують всі необхідні функції, які реалізуються у даному проекті.

В даній роботі будуть використані 6 мікродвигун з редуктором 6V 100 RPM. Подача сигналів та живлення на двигуни драйверу двоканального двигунів на TB6612FNG.

Також к платформі буде підключене Bluetooth модуль HC-06 для керування платформою.

2.2 Вибір компонентної бази

2.2.1 Характеристики платформи Arduino UNO R3

Для даного проекту було вибрано плату Arduino UNO R3. Arduino UNO побудований на базі ATmega328 (рис. 2.2).

Arduino Uno R3 – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328 (datasheet). До його складу входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) та кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою кабелю USB.

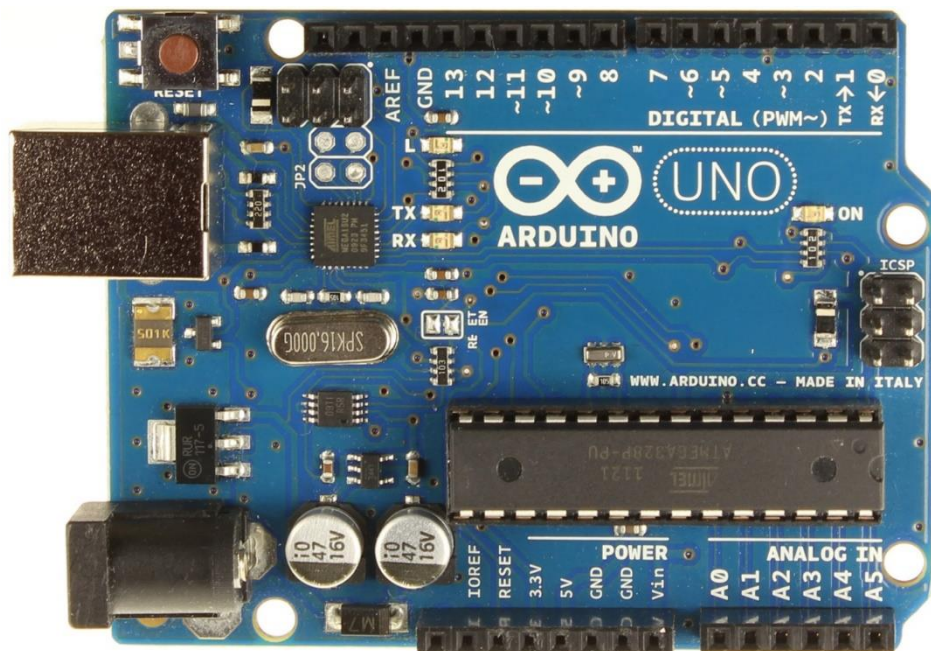


Рисунок 2.2 – Плата Arduino UNO R3

Характеристики Arduino Uno R3 наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Характеристики плати Arduino Uno R3

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Напруга живлення (рекомендована)	7 В-12 В
Напруга живлення (гранична)	6 В-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Максимальний вихідний струм виведення 3.3V	50 мА
Flash-пам'ять	32 КБ (ATmega328) з яких 0,5 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц

Критерії за якими була вибрана плата Arduino Uno R3:

- зручне середовище розробки Arduino IDE;
- доступність (дешевий у порівнянні зі своїми аналогами);
- низьке енергоспоживання (можливість роботи від акумуляторів довгий проміжок часу);
- 100 % контроль над часом та тривалістю подачі сигналів[7].

2.2.2 Характеристики драйверу двигунів на L298N

Драйвер двигунів на базі чіпа L298 здатен управляти двома моторами постійного струму або одним кроковим двигуном.

На двигуні є перемичка "5V enable" яка потрібна для вибору джерела живлення чіпа L298. Якщо вхідна напруга більше ніж 12 потрібно зняти перемичку та підключити живлення 5 В на вхід "+ 5 V power". На вхід "12 V power" можна подавати напругу від 5 В до 35 В.

Характеристики драйверу двигунів на L298N наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики драйверу двоканального двигунів на TB6612FNG

Напруга живлення вбудованої логіки	5 В
Споживаний струм вбудованої логіки	0 – 36 мА
Напруга живлення драйвера	5 – 35 В
Робочий/піковий струм драйвера	2 А/3 А
Максимальне споживання енергії	25 Вт
Робоча температура	-20 °С - + 135 °С
Габарити	43,5 мм x 43,2 мм x 29,4 мм
Вага	26 г

2.2.3 Характеристики Bluetooth модуля HC-06

Bluetooth модуль HC-06 для підключення Arduino до інших пристроїв з bluetooth. Модуль працює в пасивному режимі, тобто потрібно задати пошук на керуючому (Master) пристрої (ноутбук, телефон), знайти пристрій (за замовчуванням його ім'я linvor), після цього в Майстер-пристрої з'явиться

послідовний порт, все, що буде надіслано в нього з'явиться на вашому Arduino, і навпаки, все, що Arduino надішле вам буде прийнято на вашому комп'ютері.

На рисунку 2.3 зображене Bluetooth модуль HC-06, а також розпінування на модулі.

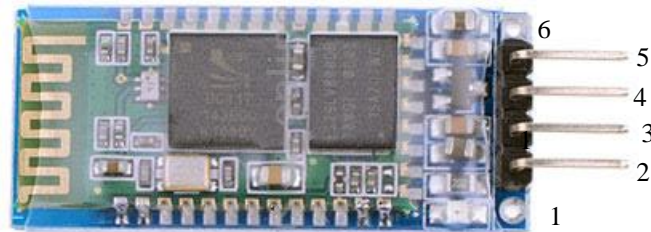


Рисунок 2.3 – Bluetooth модуль HC-06

На модулі знаходяться 6 пінів: STATE (1), RXD (2), TXD (3), GND (4), VCC (5), 5VEN (6).

Пін STATE відповідає за світлодіод який блимає коли модуль активний і горить коли встановлений зв'язок.

На пині RXD модуль приймає дані.

TXD пін для надсилання даних.

GND – земля.

VCC – живлення

5VEN – вмк/вимк, якщо подати сюди логічну одиницю (або просто логічну одиницю), то модуль вимкнеться, якщо логічний нуль (або просто не підключатиме цей пін) буде працювати [8].

2.2.4 Характеристики серводвигуна GH-S37D 9 мм

Серводвигун GH-S37D це компактний та легкий сервомеханізм який може використовуватися в різних моделях та виконання різних завдань, зокрема для використання у обмежених просторах де потрібна точність та надійність [9].

Характеристики серводвигуна GH-S37D 9 мм вказані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики серводвигуна GH-S37D 9 мм

Швидкість обертання	0,15 с/60° (без навантаження)
Крутний момент	0,5 кг/см при 4,8 В
Кут повороту	120°
Частота PWM	500-1000 Гц
Мертва зона	4 мкс
Макс. струм утримання	150-200 мА
Матеріал підшипників	нейлон
Довжина кабелю	150 мм
Вага	3,7 г
Розміри	9,2 мм x 17,6 мм x 20,1/24,6 мм (з валом)

2.3 Опис схеми роботизованої платформи

Розроблена платформа має розміри 230 мм x 110 мм.

Схема платформи зображена на рисунку 2.4.

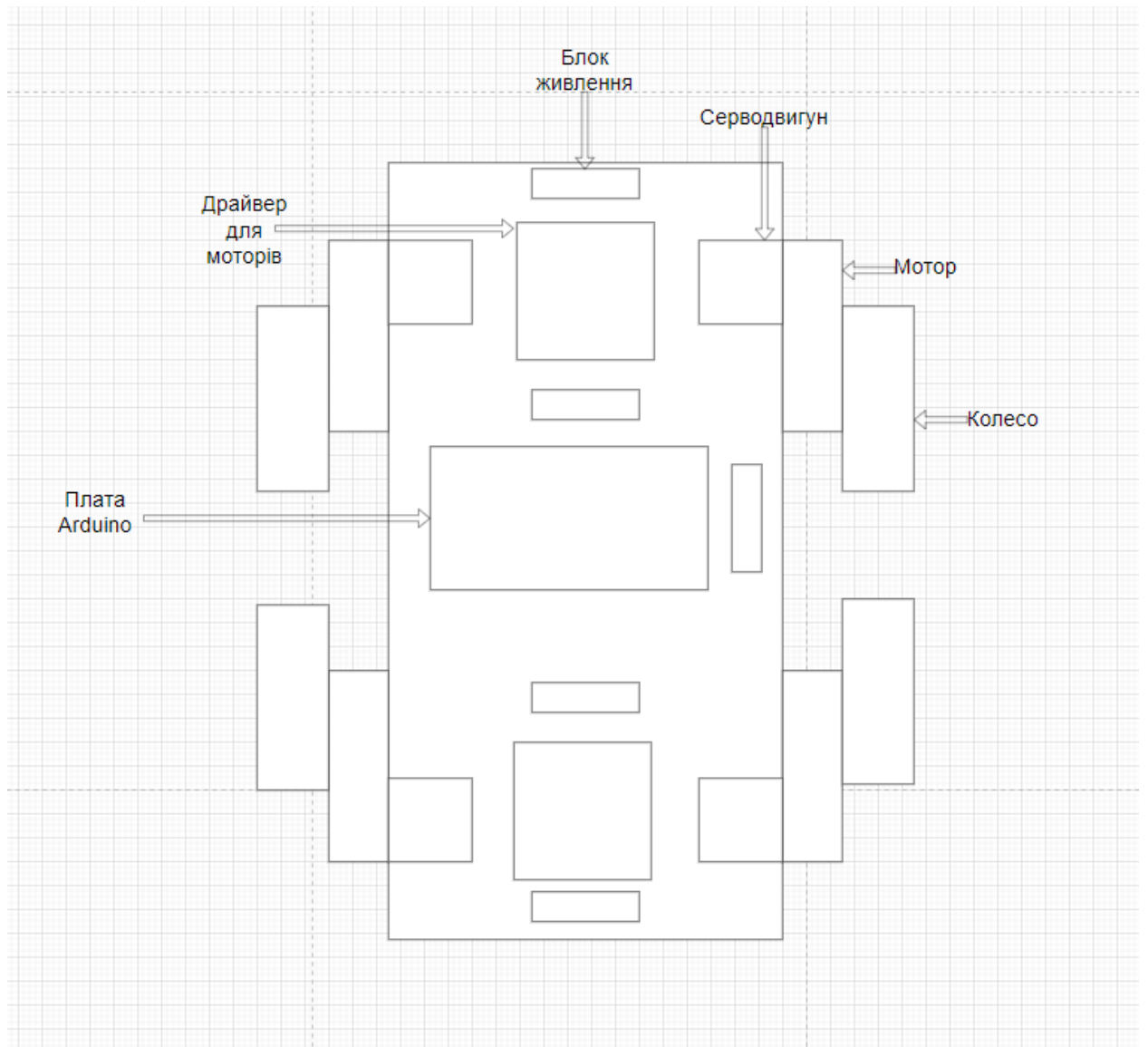


Рисунок 2.4 – Схема платформи

На платформі знаходитиметься блок живлення на 5 відсіків 2 з яких потрібні для живлення драйверів моторів 2 для живлення серводвигунів та 1 для живлення плати; 2 драйверів двигунів; 1 плата; 4 серводвигуна; 1 Bluetooth модуль.

Принцип роботи платформи полягає у наступному: коли оператор бачить перешкоду перед роботом то він подає сигнал на плату і за допомогою серводвигунів привід коліс підіймається на 90 градусів таким чином збільшуючи кліренс та долає перешкоду.

Використовується для трудно доступних місць и установки малогабаритного вантажу.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ

3.1 Аналіз параметрів мотора з редуктором і передаточна функція

У цьому розділі проводиться аналіз параметрів мотора з редуктором і визначається його передаточна функція для подальшого моделювання і проектування системи керування.

Для опису динамічних характеристик мотора з редуктором використовуються наступні параметри:

- коефіцієнт підсилення мотора (K_m): цей параметр характеризує залежність швидкості мотора від прикладеної напруги. У нашому випадку коефіцієнт підсилення складає $K_m=30$ рад/с · В;

- часова константа мотора (T_m): цей параметр характеризує інерційні властивості мотора і визначає час, необхідний для досягнення мотором 63% від його усталеного значення швидкості після подачі ступінчастого вхідного сигналу. Для нашого мотора часова константа складає $T_m=0,05$ с.

Передаточна функція мотора без урахування редуктора може бути представлена у формулі (4.1) :

$$W_m(p) = \frac{K_m}{T_m p + 1}. \quad (4.1)$$

Підставляючи відомі значення коефіцієнта підсилення і часової константи, отримуємо:

$$W_m(p) = \frac{30}{0,05p + 1}.$$

Редуктор з передаточним відношенням $N = 48$ змінює передаточну функцію мотора наступним чином:

$$W_r(p) = \frac{1}{N} = \frac{1}{48}. \quad (4.2)$$

Комбінована передаточна функція системи "мотор + редуктор" може бути виражена як добуток передаточних функцій мотора і редуктора яка представлена у формулі (4.3):

$$W(p) = W_m(p) \cdot W_r(p) = \frac{30}{(0,05p+1) \cdot 48}. \quad (4.3)$$

Спрощуючи вираз, отримуємо:

$$W(p) = \frac{30}{2,4p+28} = \frac{12,5}{p+20}.$$

Передаточна функція замкненої системи з зворотним зв'язком представлена у формулі (4.4):

$$T(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p) + H(p)}, \quad (4.4)$$

де $H(p)$ – передаточна функція зворотного зв'язку.

Припустимо, що $H(p) = 1$, тоді:

$$T(p) = \frac{12,5}{p+20+12,5} = \frac{12,5}{p+32,5}$$

Характеристичне рівняння:

$$p + 32,5 = 0.$$

Корінь:

$$p = -32,5.$$

Система є стабільною, оскільки всі корені характеристичного рівняння мають негативні дійсні частини.

Припустимо, що ми використовуємо метод Зіглера-Нікольса для налаштування ПІД-регулятора. Виконаємо кроки цього методу.

1. Визначення критичної частоти (ω_c) та критичного коефіцієнта підсилення (K_{cr}):

– критична частота (ω_c) – це частота, при якій система починає коливатися. Припустимо, що $\omega_c = 10$ рад/с.;

– критичний коефіцієнт підсилення (K_{cr}) – це коефіцієнт підсилення, при якому система починає коливатися. Припустимо, що $K_{cr} = 50$.

2. Налаштування параметрів ПІД-регулятора

– пропорційний коефіцієнт (K_p): $K_p = 0,6 \cdot K_{cr} = 0,6 \cdot 50 = 30$;

– інтегральний коефіцієнт (K_i): $K_i = 2 \cdot K_p / \omega_c = 2 \cdot 30 / 10 = 6$;

– диференціальний коефіцієнт (K_d): $K_d = K_p / (8 \cdot \omega_c) = 30 / (8 \cdot 10) = 0,375$.

Таким чином, налаштовані параметри ПІД-регулятора будуть:

– $K_p = 30$;

– $K_i = 6$;

– $K_d = 0,375$.

3.2 Розбір коду платформи

Після створення ескізу робота був написано код для роботи платформи. Для роботи з серводвигунами була підключена бібліотека `#include <Servo.h>`.

Далі буде наведена частина коду з підключенням до пінів драйверів мотору та серводвигунів, а також змінних типу `Servo` для коректної роботи серводвигунів.

```
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
int val;
int servoPin1 = 2;
int servoPin2 = 3;
int servoPin3 = 4;
int servoPin4 = 5;
```

Змінна `val` відповідає за роботу з Bluetooth модулем. Змінні `servoPin1`, `int servoPin2`, `int servoPin3`, `int servoPin4` відповідають за піни для серводвигунів.

```
int in1 = 6;
int out1 = 7;
int in2 = 8;
int out2 = 9;
int in3 = 10;
int out3 = 11;
int in4 = 12;
int out4 = 13;
```

Змінні `in1` та `out1` відповідають за підключення першого мотора, `in2` та `out2` відповідають за підключення другого мотора, `in3` та `out3` відповідають за

підключення третього мотора, in4 та out4 відповідають за підключення четвертого мотора.

Далі йде функція void setup де визначаються початковий режим роботи пінів а також вказується швидкість роботи с послідовним портом за допомогою команди Serial.begin(9600).

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(out1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(out2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(out3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  pinMode(out4, OUTPUT);
  servo1.attach(servoPin1);
  servo2.attach(servoPin2);
  servo3.attach(servoPin3);
  servo4.attach(servoPin4);
}
```

Команди pinMode(in1, OUTPUT), pinMode(out1, OUTPUT), pinMode(in2, OUTPUT), pinMode(out2, OUTPUT), pinMode(in3, OUTPUT), pinMode(out3, OUTPUT), pinMode(in4, OUTPUT), pinMode(out4, OUTPUT) відповідають за управління моторами.

Команди servo1.attach(servoPin1), servo2.attach(servoPin2), servo3.attach(servoPin3), servo4.attach(servoPin4) відповідають за підключення серводвигунів к відповідним пінам.

Далі йдуть функції які відповідають за рух платформи.

Функція MoveForward відповідає за рух вперед.

```
void MoveForward() {
```

```
digitalWrite(in1, HIGH);
digitalWrite(out1, LOW);
digitalWrite(in2, HIGH);
digitalWrite(out2, LOW);
digitalWrite(in3, HIGH);
digitalWrite(out3, LOW);
digitalWrite(in4, HIGH);
digitalWrite(out4, LOW);
}
```

Функція MoveBackward відповідає за рух назад.

```
void MoveBackward() {
digitalWrite(in1, LOW);
digitalWrite(out1, HIGH);
digitalWrite(in2, LOW);
digitalWrite(out2, HIGH);
digitalWrite(in3, LOW);
digitalWrite(out3, HIGH);
digitalWrite(in4, LOW);
digitalWrite(out4, HIGH);
}
```

Функція MoveRight відповідає за рух вправо.

```
void MoveRight() {
digitalWrite(in1, LOW);
digitalWrite(out1, HIGH)
;digitalWrite(in2, HIGH)
;digitalWrite(out2, LOW);
digitalWrite(in3, LOW);
digitalWrite(out3, HIGH);
digitalWrite(in4, HIGH);
digitalWrite(out4, LOW);
```

```
}
```

Функція MoveLeft відповідає за рух вліво.

```
void MoveLeft() {
digitalWrite(in1, HIGH);
digitalWrite(out1, LOW);
digitalWrite(in2, LOW);
digitalWrite(out2, HIGH);
digitalWrite(in3, HIGH);
digitalWrite(out3, LOW);
digitalWrite(in4, LOW);
digitalWrite(out4, HIGH);
}
```

Функція stopAll відповідає за повну зупинку платформи.

```
void stopAll() {
digitalWrite(in1, LOW);
digitalWrite(out1, LOW);
digitalWrite(in2, LOW);
digitalWrite(out2, LOW);
digitalWrite(in3, LOW);
digitalWrite(out3, LOW);
digitalWrite(in4, LOW);
digitalWrite(out4, LOW);
}
```

Потім йде функція control яка виконує управління за допомогою команд які посилаються на Bluetooth модуль.

```
void control() {
  if (Serial.available()) {
    val = Serial.read();
```

Serial.available команда яка перевіряє є данні доступні для читання з останнього порта.

Команда `val = Serial.read()` считує байт і зберігає у змінній `val`

```

switch (val) {
  case '1':
    MoveForward();
    break;
  case '2':
    MoveBackward();
    break;
  case '3':
    MoveRight();
    break;
  case '4':
    MoveLeft();
    break;
  case '5':
    stopAll();
    break;

```

Оператор `switch` має різні `case` для символів. Так символ 1 викликає функцію `MoveForward`, символ 2 викликає функцію `MoveBackward`, символ 3 викликає функцію `MoveRight`, символ 4 викликає функцію `MoveLeft`, символ 5 викликає функцію `stopAll`.

```

case '6':
  servo1.write(90);
  servo2.write(90);
  servo3.write(90);
  servo4.write(90);
  break;
case '7':
  servo1.write(0);
  servo2.write(0);

```

```

servo3.write(0);
servo4.write(0);
break;
default:
break;
}
}
}

```

Символ 6 встановлює усі 4 серводвигуна у положення 90 градусів, а функція 7 повертає їх у попереднє положення.

Якщо не один з ведених символів не співпадає то тоді виконується case default.

У функції loop викликається функція control і виконує її поки активна плата.

```

void loop() {
control();
}

```

Повна версія коду знаходиться у додатку А.

3.3 Охорона праці

У рамках цього пункту будуть розглянуті комплекс заходів для забезпечення працездатності працівників на підприємстві та збереження його здоров'я. Це включає в собі правила законодавства, техніки безпеки та санітарії виробництва.

У процесі розробки та налагодження виявлено наступні потенційно шкідливі та небезпечні виробничі чинники:

- ризик ураження електричним струмом;
- недостатня освітленість робочого простору;
- підвищена температура повітря в робочій зоні;
- можливість виникнення пожежі;
- можливість отримати травми під час пайки компонентів.

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови внутрішнього середовища. Ці умови визначені у ДСН 3.3.6.042-99 [10].

Середовище цих приміщень впливає на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються комбінацією температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури навколишніх поверхонь для людини та інтенсивності теплового (інфрачервоного) випромінювання.

Забезпечення зручних умов мікроклімату у виробничих приміщеннях є важливим аспектом охорони праці. Це можливо досягти за допомогою належного регулювання температури, вологості та освітлення, використання вентиляційних систем та заходів щодо зменшення впливу тепла, холоду та вологості на працівників.

Урахування та виконання нормативів та стандартів, які регулюють мікроклімат виробничих приміщень, є важливим кроком для забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

В таблиці 4.1 вказані стандарти ДСН 3.3.6.042-99 для оптимальних величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

Таблиця 4.1 – Оптимальні умови мікроклімату для постійних робочих місць

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/сек.
Холодний період року	Легка Іа	22 – 24	60 – 40	0,1
	Легка Іб	21 – 23	60 – 40	0,1
	Середньої важкості Іа	19 – 21	60 – 40	0,2
	Середньої важкості Іб	17 – 19	60 – 40	0,2
	Важка ІІІ	16 – 18	60 – 40	0,3
Теплий період року	Легка Іа	23 – 25	60 – 40	0,1
	Легка Іб	22 – 24	60 – 40	0,2
Теплий період року	Середньої важкості Іа	21 – 23	60 – 40	
	Середньої важкості Іб	20 – 22		0,3
	Важка ІІІ	18 – 20	60 – 40	0,4

Крім того, для приміщень, які не мають природного освітлення то необхідно передбачити штучне освітлення цих приміщень.

Зона безпосереднього оточення – це область навколо робочого місця, в якій працівник знаходиться безпосередньо під впливом освітлення. Згідно з ДБН В.2.5- 28-2006 «Природне і штучне освітлення» [11], вимоги до штучного

освітлення приміщень виробничих підприємств з використанням системи загального освітлення є наступними:

- для підприємств найвищої точності 1250-5000 лк;
- для підприємств дуже високої точності 750-4000 лк;
- для підприємств високої точності 400-2000 лк;
- для підприємств середньої точності 400-750 лк;
- для підприємств малої точності 400 лк.

Таким чином, мінімальне оптимальне значення освітленості виробничого приміщення становить 400 люкс.

ВИСНОВКИ

На даній кваліфікаційній роботі був зроблений аналіз існуючих роботизованих платформ з адаптивним кліренсом. Після проведення аналізу була побудована структурна схема.

Були підібрані компоненти які задовольняють вимоги для коректної роботи платформи після чого побудований ескіз платформи.

Також був написаний код для роботи з платформою.

Були виконані наступні поставлені задачі:

- розроблена структурна схема;
- підібрані та описані компоненти на якій буде працювати шасі;
- розроблений ескіз;
- проаналізовані параметрів мотора з редуктором і передаточна функція;
- розроблений код для роботи платформи.

Так як платформа є повністю керованою людиною то ця платформа може використовуватись не тільки як перевіз вантажу але і підходить для завдань в яких потрібна гнучкість та точність. Також ці платформи підходять для того щоб обслуговувати виробничі лінії, забезпечування гнучкості виробничих процесів, для організація складування та підтримки збирання великих виробів, а також спеціальних завдань таких як зварювання різка фарбування або обробка поверхонь.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В Сичова. – Харків: ХНУРЕ, 2022.
3. Wheel Control Theory [Електронний ресурс]. Режим доступу: WWW/ URL:http://www.robotplatform.com/knowledge/Classification_of_Robots/wheel_control_theory.html. (Дата звернення 14.04.24)
4. Wheeled hopping robot with combustion-powered actuator [Електронний ресурс]. Режим доступу: WWW URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1729881417745608>. (Дата звернення 15.04.24)
5. TurboQuad [Електронний ресурс]. Режим доступу: WWW / URL: <https://www.wevolver.com/wevolver.staff/turboquad>. (Дата звернення 16.04.24)
6. Dogo – a Weaponized Robot Designed for Close Combat [Електронний ресурс]. Режим доступу: WWW / URL: https://defense-update.com/20160601_dogo.html. (Дата звернення 16.04.24)
7. Arduino Uno [Електронний ресурс] /– Режим доступу: WWW / URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (Дата звернення 7.05.24)
8. Драйвер двигунів двоканальний на TB6612FNG [Електронний ресурс] /– Режим доступу: WWW / URL: <https://arduino.ua/prod2377-draiver-dvigateleri-dvyhkanalnii-na-tb6612fng> (Дата звернення 8.05.24)
9. Bluetooth модуль HC-06 [Електронний ресурс] /– Режим доступу: WWW / URL: <https://arduino.ua/prod241-bluetooth-modul-hc-06> (Дата звернення 10.05.24)

10. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.

11. Державні Будівельні Норми України, ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».