

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню *магістра*

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Графа Борислава Володимировича

(ПІБ)

академічної групи 141м-19-4

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Створення радіокерованої роботизованої платформи на базі одноплатного комп'ютера

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	проф. Худолій С.С.			
розділів:				
1,2,3,4	проф. Худолій С.С.			
5	Тимошенко Л.В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Казачковський М.М.			
----------------	--------------------	--	--	--

Дніпро
2020

						Арк.
						1
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривола
_____ (повна назва)

_____ Казачковський М.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Графу Б.В. академічної групи 141М-19-4
(прізвище та ініціали) (шифр)
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Створення радіокерованої роботизованої платформи на базі одноплатного комп'ютера,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ, Технологічна частина	Різновиди мобільних роботів та тенденції їх розвитку	
Розробка технічного забезпечення	Розробка функціональної схеми, корпусу робота та вибір комплектуючих	
Математичний опис мобільного робота	Розробка програмного забезпечення та моделювання	
Техніко-економічне обґрунтування	Визначення та аналіз економічних показників	

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Худолій С.С.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15 жовтня 2020

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____ Граф Б.В.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

					Арк.
					2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 67 стор., 29 рис., 4 табл., 8 джерел.

Об'єкт детальної розробки: радіокерована роботизована платформа на базі одноплатного комп'ютера.

Мета роботи: надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні роботизованої платформи.

В кваліфікаційній роботі спроектована роботизована платформа на базі одноплатного комп'ютера з FPV радіокеруванням .

Був проведений аналіз та підбір електроприводів, драйверів до них, одноплатного комп'ютера з модулем камери. Здійснено моделювання корпусу робота, та налаштовано FPV радіокерування.

Доведена економічна ефективність впровадженого технічного рішення.

					Арк.
					3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ABSTRACT

Explanatory note: 67 pages, 29 figures, 4 tables, 8 sources.

The object of development: radio-controlled robotic platform based on a single-board computer.

Purpose: acquisition of necessary skills for technical solution of problems in designing a robotic platform.

In the qualification work, a robotic platform based on a single-board computer with FPV radio control was designed.

An analysis and selection of electric drives, drivers for them, a single-board computer with a camera module was performed. The robot body was modeled and FPV radio control was configured.

The economic efficiency of the implemented technical solution is proved.

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Загальний опис сучасної робототехніки	7
1.2 Різновиди мобільних роботів	8
1.3 Основні тенденції та завдання в розвитку мобільних роботів	8
1.4 Аналіз систем управління мобільними роботами	19
1.5 Порівняльний аналіз акумуляторних батарей	25
1.6 Постановка завдання	28
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	28
2.1 Вибір обладнання	28
2.2. Розробка функціональної схеми	37
2.3 Розробка корпусу мобільного робота	39
3. МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС МОБІЛЬНОГО РОБОТА	43
3.1 Кінематична модель	43
3.2 Модель управління роботом	45
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	46
4.1 Модель робота в Simulink	46
4.2 Програма ручного управління роботом	49
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	52
5.1 Розрахунок капітальних витрат	52
5.2 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	55
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	58
5.4. Визначення економії від впровадження розробленого робота	61
5.5. Визначення та аналіз показників економічної ефективності	62
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	65

					Арк.
					5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ВСТУП

Метою кваліфікаційної роботи є надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при розробці радіокерованої роботизованої платформи на базі одноплатного комп'ютера.

Об'єктом проектування в цій роботі є саморобний мобільний радіокерований робот.

Завданнями цієї кваліфікаційної роботи є:

- аналіз сучасної робототехніки, різновидів та особливостей мобільних роботів;
- розробка технічного забезпечення мобільного робота, вибір електродвигунів та драйверів керування, вибір контролера;
- розробка корпусу та коліс мобільного робота;
- розробка функціональної схеми та підключення обраних елементів системи;
- створення моделі робота;
- розробка системи радіо керування;
- розрахунок техніко-економічної ефективності від застосування розробленої системи.

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальний опис сучасної робототехніки

Характерною рисою сучасної науково-технічної революції є широке впровадження роботів в сферу виробництва і наукових досліджень.

Роботи представляють собою універсальні автомати для відтворення рухових та інтелектуальних функцій людини. Одним з важливих класів їх є маніпуляційні роботи. Практичною метою створення роботів є передача їм тих видів діяльності, які для людини трудомісткі, важкі, монотонні, шкідливі для здоров'я і життя. Це, перш за все - допоміжні виробничі операції (завантаження і вивантаження установок, верстатів, автоматів); основні виробничі операції (зварювання, фарбування, різання, збірка і т.д.); роботи в так званих екстремальних умовах (під водою, в космосі, в радіоактивних і отруйних середовищах). Роботи застосовуються для комплексної автоматизації виробництва, зростання продуктивності праці, поліпшення якості продукції. Від традиційних засобів автоматизації промислові роботи відрізняються універсальністю, можливістю їх швидкого переналагодження, що дозволяє створювати на базі універсального обладнання роботизовані технологічні комплекси, гнучкі автоматизовані виробництва. В результаті розвитку робототехніки людство отримує можливість вирішувати принципово нові наукові і виробничі завдання.

Що стосується мобільних роботів, то тут ми спостерігаємо такі ж тенденції, як при розвитку обчислювальних систем: на зміну великим ЕОМ з їх робочими станціями прийшли персональні комп'ютери, які в майбутньому, можливо, поступляться лідерством багатofункціональним портативним пристроям. Раніше мобільні роботи керувалися стаціонарними обчислювальними системами, громіздкими і дорогими.

						Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роботи підключалися до них за допомогою шлейфа або бездротових пристроїв. Проте сьогодні ми можемо створювати невеликих мобільних роботів, оснащених численними приводами і датчиками, які управляються за допомогою компактних недорогих комп'ютерів, встановлених безпосередньо на борту роботів.

На відміну від стаціонарних, більшість мобільних роботів відрізняються розмірами, можливістю пересування. Щоб мобільний робот працював продуктивно і коректно, мобільному роботу необхідна хороша система управління. Далі піде мова про види роботів, вимог до їх систем управління та розробку однієї з них.

1.2 Різновиди мобільних роботів

Найпоширенішими є наземні мобільні роботи, які зазвичай поділяються на три великі класи: колісні (гусеничні) наземні мобільні роботи, крокуючі наземні мобільні роботи і гібридні наземні мобільні роботи. Крім цих трьох найбільш численних класів мобільних роботів існує велика кількість спеціалізованих мобільних роботів, орієнтованих на обмежене застосування. До їх числа відносяться рейкові роботи, адсорбційні роботи (Здатні пересуватися по крутих ділянках, чіпляючись за поверхню з допомогою вакуумних присосок), роботи на магнітній і повітряній подушці, а також плазуючі роботи.

1.3 Основні тенденції та завдання в розвитку мобільних роботів

В останні роки відбувається роботизація буквально всіх сфер людської діяльності. Діапазон застосування робототехніки надзвичайно широкий:

- роботи витісняють людину на виробництві. Повна автоматизація багатьох процесів зводить участь людей у виробництві до прийняття важливих рішень та усунення виникаючих несправностей обладнання;
- роботи використовуються при дослідженнях космічного простору і океанських глибин;

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за допомогою роботів проводяться складні хірургічні операції на мозку і серці. Розроблено роботизовані протези кінцівок і деяких внутрішніх органів;

- військова техніка стає все розумнішою і самостійнішою – управління рухом, контроль становища, прицілювання і ураження цілі виробляє машина, а людині залишаються рішення тактичних завдань і технічне обслуговування.

Процес роботизації торкнувся і таку специфічну область як забезпечення громадської безпеки: ось вже більше 20 років в арсеналі спецслужб і поліцейських підрозділів знаходяться мобільні роботи і робототехнічні комплекси.

До сих пір немає чіткого уявлення про те, яку машину можна вважати роботом. В енциклопедичному словнику роботом називається автоматична система (машина), оснащена датчиками, що сприймають інформацію про навколишньому середовищу, і виконавчими механізмами, здатна за допомогою блоку управління цілеспрямовано вести себе в мінливих обставинах.

Характерною особливістю робота вважається здатність частково або повністю виконувати рухові і інтелектуальні функції людини. Від звичайної автоматичної системи (наприклад, верстата-автомата) робот відрізняється багатоцільовим призначенням, більшою універсальністю, можливістю перебудови на виконання різноманітних функцій. На практиці ж поняття "Робот" поширюють і на будь-які дистанційно керовані транспортні засоби, забезпечені системою почуттів (як мінімум, системою технічного зору).

Робот покликаний замінити людину в випадках, коли виконання завдання знаходиться за межами людських можливостей або пов'язане з надмірної загрозою здоров'ю та життю людини, а також при нестачі професійно підготовленого персоналу для виконання трудомістких і циклічно повторюваних завдань.

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робота можна класифікувати по:

- 1) областям застосування - виробничі (промислові), військові, дослідні, медичні;
- 2) середовищам експлуатації - наземні, підземні, надводні, підводні, повітряні, космічні;
- 3) ступеням рухливості - стаціонарні, мобільні;
- 4) типу системи управління - програмні, адаптивні, інтелектуальні;
- 5) функціональним призначенням - маніпуляційні, транспортні, інформаційні, комбіновані;
- 6) рівню універсальності - спеціальні, спеціалізовані, універсальні;
- 7) конструктивними ознаками:
 - типу виконавчих приводів - електричні, гідравлічні, пневматичні;
 - типу рушія - гусеничні, колісні, колісно-гусеничні, напівгусеничні, крокуючі, колісно-крокуючі, роторні, з петльовим, гвинтовим, водометним і реактивним рушіями;
 - конструктивними особливостями технологічного обладнання – по числу маніпуляторів, за вантажопідйомністю маніпуляторів, за системою координат робочої зони (лінійна, кутова);
 - типу джерел первинних сигналів - електричні, біоелектричні, акустичні;
 - способу управління - автоматичні, дистанційно керовані, ручні (Шарнірно-балансирні, екзоскелет).

Умови функціонування роботів, які визначаються типом середовища експлуатації та характером робочого процесу, можна розділити на дві категорії: детерміновані (визначені) і не детерміновані (невизначені).

До детермінованих середовищ відносяться середовища, спроектовані і створені людиною. Відповідно, детермінованим процесом є кожен процес, перебіг якого повністю залежить від цілеспрямованої діяльності людини (діяльності щодо безпосереднього здійснення процесу, управління процесом і т.д.).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У детермінованих середовищах вже наявний високий ступінь організації, або необхідний ступінь організації може бути досягнута при порівняно невеликих витратах. Визначеність середовища обумовлена апріорним знанням точного положення всіх об'єктів, з якими може взаємодіяти робот.

Для маніпуляційного робота це означає точне знання місця розташування і орієнтації об'єктів, розташованих в його робочій зоні. для транспортного робота детермінованою середовищем є, наприклад, рейкова траса в цеху. До першої категорії відносяться також середовища, які можна організувати необхідним чином, хоча і ціною значних витрат (в повному обсязі організовані середовища). У цьому випадку окремі об'єкти можуть мати заздалегідь невідомі відхилення від еталону. До цих середовищ можна віднести польові склади боєприпасів, паливно-мастильних матеріалів, технологічні позиції і т.д.

У середовищах другої категорії практично неможливо здійснити їх організацію. Такі середовища називаються повністю неорганізованими (Недетермінованими). До них відносяться, зокрема, природні середовища і середовища, створювані аварійними ситуаціями як в природних умовах, так і при руйнуванні середовищ, спроектованих і створених людиною, тобто при руйнування будівель і споруд. До дій робота в природних середовищах відносяться дії в польових умовах: розвідка на місцевості, військові дії, розмінування і патрулювання, підводні та підземні роботи і т.п. (В тому числі у випадках радіоактивного, хімічного і бактеріологічного зараження місцевості). До дій робота при руйнування створених людиною середовищ відносяться ведення бойових дій в міських умовах, а також дії з розчищення завалів, рятувальних роботах в зруйнованих спорудах і т.п.

До недетермінованих процесів відноситься кожен процес, перебіг і результат якого повністю не залежить від цілеспрямованої діяльності людини. Недетермінованими процесами є ведення бойових дій, всі природні процеси (землетруси, виверження вулканів і т.п.), пожежі, вибухи (як результати техногенних аварій) і т.п.

						Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для робіт в недетермінованих умовах в даний час розвивається особливий клас робототехнічних систем, званих в технічній літературі "Мобільними роботами", відмінною рисою яких є наявність локомоційної здатності (тобто здатності переміщення системи в просторі).

Будь-який мобільний робот може бути представлений у вигляді сукупності трьох великих систем - транспортної, спеціальної та системи управління (рисунок 1.1). Транспортна система являє собою транспортний засіб, призначений для доставки спеціального і технологічного обладнання до місця виконання поставленого завдання.

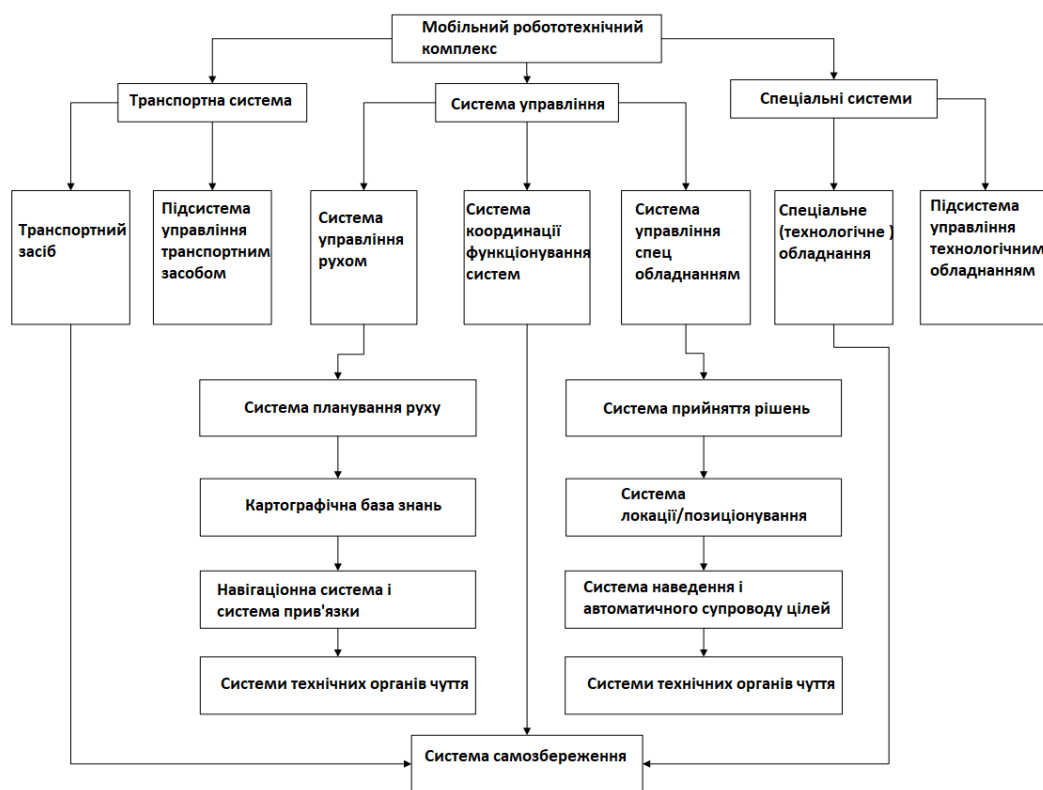


Рис. 1.1 – Узагальнена структура мобільного робототехнічного комплексу

Транспортний засіб складається з ходової частини, корпусу і енергетичної установки. Як правило, система управління встановлюється всередині корпусу. Залежно від типу середовища експлуатації ходова частина може бути гусенична, колісна, колісно-гусенична, напівгусеничний, що крокує, колісно-крокуючий, роторна, з петльовим, гвинтовим, водометним і реактивним рушіями.

Вибір типу рушія і його розмірів є дуже складним завданням. Практично неможливо створити універсальну конструкцію рушія, що дає можливість однаково впевнено пересуватися в різноманітних умовах навколишнього середовища: безліч видів і властивостей підстав, складні перетину рельєфу місцевості, необхідність переміщення по елементах споруд і всередині будівель є причиною створення великого числа компоновальних схем роботів з різними типами рушіїв.

Основна увага розробників приділяється різним варіантам колісного і гусеничного рушіїв. Деяко менша увага приділена крокуючому рушію. І значно менша - іншим типам (наприклад, роторно-гвинтового, апаратів на повітряній подушці і ін., призначеним для руху по поверхні зі специфічними фізико-механічними властивостями (заболочених місцях, мілководдю, глибокому снігу).

Для кожного типу рушія існує своя область застосування. Так, в рушії багатофункціонального мобільного робота, призначеного для використання на важкодоступній місцевості, обирають гусеничний рушія як найбільш універсальний. При переважному використанні робота на дорогах більш привабливим є колісний варіант транспортного засобу. Застосування крокуючих машин перспективно лише в середовищі, де швидкість колісного або гусеничного рушія поступається швидкості крокуючого рушія (наприклад, в гірській місцевості, в осередках руйнувань і т.п.). При конструюванні звичайних транспортних засобів параметри рушія оптимізуються для найбільш характерних умов застосування і поверхонь руху. Однак, для мобільного робота така оптимізація неможлива в силу невизначеності умов руху. Тому зараз рушії роботів конструюються з можливістю адаптації до поверхні руху. В першу чергу це відноситься до малогабаритних роботів, призначених для робіт всередині будівель та споруд, в осередках руйнувань, бойовим і розвідувальним роботам (рисунок 1.2).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рис. 1.2 – Мобільний робот-розвідник Throwbot

Система управління забезпечує управління рухом і роботою технологічного обладнання, а також адаптивне управління ходовою частиною і енергетичною установкою з урахуванням взаємодії транспортної системи з навколишнім середовищем.

Система управління включає в себе інформаційно-керуючу частину (Апаратура управління роботом, датчики, система технічного зору і мікропроцесори попередньої обробки інформації), розташовану на мобільному роботі; пост оператора мобільного робота (пульт управління, відеонаглядові пристрої; ЕОМ для обробки інформації) і комплект приймально-передавальної апаратури, що забезпечує передачу інформації від робота на пост оператора і керуючих команд від поста оператора на мобільний робот (рисунок 1.3).

					Арк.
					14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



Рис. 1.3 – Пульт управління універсальною робото-технічною платформою Система управління рухом повинна також забезпечувати планування руху в недетермінованих умовах на основі картографічної бази, з урахуванням безперервно надходячих в систему управління від технічних органів почуттів і навігаційної системи.

Складність системи управління визначається складністю розв'язуваного завдання, ступенем невизначеності зовнішнього середовища і необхідним ступенем автономності робота.

Саме розвиток систем управління визначає розвиток робототехнічних комплексів в цілому, і, зокрема, лягло в основу класифікації мобільних роботів по поколінням. У загальному випадку система управління містять три рівні управління: верхній (стратегічний), середній (тактичний) і нижній (виконавчий), які мають вбудовані механізми адаптації, що працюють на основі оцінки якості реалізації планів різного рівня в реальному фізичному світі.

Організація взаємодії рівнів управління повинна дозволяти приймати рішення на тому рівні, який в даний момент володіє найбільш достовірною інформацією, без передачі управління на більш високий рівень.

Людина (оператор) є в даний час невід'ємною частиною системи управління. Функції людини в системі управління визначають її складність.

						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У роботах першого покоління оператор активно бере участь в управлінні мобільним роботом на всіх трьох рівнях, аж до безперервного ручного управління виконавчими механізмами. Це спрощує конструкцію системи управління, але ускладнює роботу оператора. В режимі дистанційного управління розпізнавання дорожніх сцен, планування маршруту і формування команд управління здійснюється оператором, що знаходяться на стаціонарному або рухомому пульті управління. Основні недоліки дистанційного керування обумовлені наявністю телевізійного та радіо каналів зв'язку, їх невисоким захистом до радіоперешкод, неможливістю зберігати режим радіомовчання, небезпекою несподіваного припинення зв'язку в зонах радіотіні.

У роботах другого покоління управління нижнього рівня покладено на бортову систему управління роботом. Загальним для роботів другого покоління є використання зворотного зв'язку як відповідно до поточного стану робота, так і відповідно до стану зовнішнього середовища.

Третє покоління роботів залишає людині тільки стратегічний рівень: система спілкування з оператором зводиться до видачі завдання і прийняття звіту про його виконання. Платити за полегшення життя оператора доводиться вельми дорого: автоматична система повинна володіти універсальністю, гнучкістю і широтою можливостей природного інтелекту. При цьому будь-яке додаткове завдання вирішується системою штучного інтелекту, а тим більш клас завдань або ситуацій, вимагає не тільки розробки спеціальних алгоритмів рішення, але і спеціалізованих технічних засобів – нових технічних органів почуттів, спецобчислювача і виконавчих органів, тобто кожна така задача являє собою складну науково-технологічну проблему.

В даний час найбільш доцільною представляється розробка комбінованих систем з можливостями автоматичного і дистанційного супервізорного управління. Наприклад, "захоплення" дороги і вихід на неї здійснює людина, а рух по дорозі - автопілот, пошук орієнтирів на місцевості та їх ідентифікацію - людина, точне обчислення розташування робота - бортова система управління.

Виняток людини з процесу безпосереднього управління різко скорочує обсяг

						Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переданої через ефір інформації, а можливість його втручання в складних ситуаціях розширює коло вирішуваних завдань. Крім того, автоматична система забезпечує продовження виконання завдання або евакуацію робота з небезпечної зони при порушенні зв'язку через застосування засобів радіоусунення або відмови радіообладнання.

Застосування мобільного робота більш ефективно при використанні останнього в складі робототехнічного комплексу, утвореного групою мобільних роботів, засобами доставки, енергозабезпечення та технічного обслуговування, центральним постом управління і обробки даних.

Мобільні роботи універсальні і тому можуть бути використані в різних областях. Стосовно до використання робототехніки в військових цілях і в надзвичайних ситуаціях пріоритетне значення мають технічні "Здібності" роботів, придатність до експлуатації в жорстких і екстремальних умовах і здатність забезпечити захист обслуговуючого персоналу. При використанні роботів в цивільній промисловості найбільше значення надається їх економічній ефективності.

В тій чи іншій мірі застосування мобільних роботів в інтересах спецслужб і поліцейських підрозділів можливо при проведенні операції будь-якого типу. Однак найбільш доцільно використання роботів при проведенні вибухотехнічних робіт і антитерористичних операцій, а також при охороні значущих об'єктів.

При цьому застосування роботів можливо для вирішення наступних тактичних завдань:

1) при проведенні вибухотехнічних робіт:

- пошук і діагностика вибухових пристроїв;
- знищення або евакуація вибухових пристроїв;
- знешкодження вибухових пристроїв;
- проведення хімічної і радіаційної розвідки об'єктів і територій;

2) при проведенні антитерористичних операцій:

- постановка радіоелектронних перешкод, димових і спеціальних завіс;

						Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- доставка і застосування засобів спеціальної дії;
- приховане проникнення на захоплені і об'єкти, що охороняються;
- ведення радіоелектронної аудіо та відео розвідки об'єктів і територій;
- руйнування перешкод (двері, стіни);
- ведення відволікаючого вогню, виявлення вогневих точок ворога;

3) при охороні об'єктів:

- патрулювання території або периметра об'єкта
- припинення спроб проникнення на об'єкт
- нейтралізація порушників.

Зазначені операції проводяться на різних об'єктах і в різноманітних умовах:

- на об'єктах громадського транспорту (міський транспорт, автомобільний, авіаційний, залізничний, морський);
- в місцях проживання і життєдіяльності людей (будинки, квартири, офіси та ін.);
- на промислових об'єктах (об'єкти ядерного технологічного циклу, хімічної промисловості та ін.);
- на об'єктах міської інфраструктури (теплогенератори, каналізація);
- на відкритій місцевості, на сильно пересіченій місцевості, в лісах і т.д.

Специфіка операцій, умови експлуатації та функціональне призначення мобільного робота визначають його конструктивні особливості, ступінь складності системи управління, масогабаритні характеристики і склад спеціального обладнання.

До мобільному роботу пред'являються наступні загальні вимоги:

- роботу необхідно мати високу рухливість і прохідність в міських умовах, всередині будівель і споруд, в зонах руйнувань, на пересіченій місцевості, як на твердих гладких покриттях, так і на деформованих ґрунтах і підставах;
- робот повинен надійно діяти як в непередбачених природних умовах, так і в середовищі, спеціально пристосованій для проживання людини (всередині будинків, в транспортних комунікаціях), вписуватися в міські транспортні потоки або рухатися в складі транспортних колон;

						Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- конструкція робота повинна забезпечувати швидке розгортання при виконанні спецоперацій і його високу мобільність.

Для виконання вищевказаних завдань спецпідрозділи мають такі основні групи мобільних роботів:

Мобільний робототехнічний комплекс – це універсальні наземні роботи, призначені для дій на об'єктах транспорту, промисловості, міської інфраструктури і т.д., на відкритій слабо пересіченій місцевості;

Спеціальні робототехнічні комплекси – це роботи, здатні переміщатися по вертикальних і похилих поверхнях промислових об'єктів і транспортних засобів, а також в трубопроводах і вузьких місцях; Малогабаритний дистанційно пілотований літальний апарат (МДПЛА) - повітряний робот для проведення розвідки на відкритій місцевості, сильно пересіченій місцевості, в горах, в місті.

1.4. Аналіз систем управління мобільними роботами

Система управління забезпечує управління рухом і роботою технологічного обладнання, а також адаптивне управління ходовою частиною і енергетичною установкою з урахуванням взаємодії транспортної системи з навколишнім середовищем.

Складність системи управління визначається складністю розв'язуваного завдання, ступенем невизначеності зовнішнього середовища і необхідним ступенем автономності робота.

Саме розвиток систем управління визначає розвиток робототехнічних комплексів в цілому, і, зокрема, лягло в основу класифікації МР по поколінням. У загальному випадку система управління містять три рівні управління: верхній (стратегічний), середній (тактичний) і нижній (виконавчий), які мають вбудовані механізми адаптації, що працюють на основі оцінки якості реалізації планів різного рівня в реальному фізичному світі. Організація взаємодії рівнів управління повинна дозволяти приймати рішення на тому рівні, який в даний момент володіє найбільш достовірною інформацією, без передачі управління на більш високий рівень.

						Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування МР більш ефективно при використанні останнього в складі робототехнічного комплексу, утвореного групою мобільних роботів, засобами доставки, енергозабезпечення та технічного обслуговування, центральним постом управління і обробки даних.

Мобільні роботи універсальні і тому можуть бути використані в різних областях. Стосовно до використання робототехніки в військових цілях і в надзвичайних ситуаціях пріоритетне значення мають технічні "Здібності" роботів, придатність до експлуатації в жорстких і екстремальних умовах і здатність забезпечити захист обслуговуючого персоналу. При використанні роботів в цивільній промисловості найбільше значення надається їх економічній ефективності.

Найчастіше система управління МР розробляється індивідуально для кожної моделі, що вимагає додаткових тимчасових і фінансових витрат на розробку, налагодження і введення в експлуатацію. Розробка універсальної системи управління МР може стати зручним і вигідним рішенням, але вона також вимагає значних робіт по універсалізації фізичної і програмної частин.

В якості основних вимог до системи управління МР можна виділити наступні:

- здатність керувати великою кількістю різних виконавчих пристроїв (приводи маніпуляторів, тягові приводи, приводи спеціальних систем);
- здатність отримувати дані з широкого спектру датчиків, як цифрових, так і аналогових;
- здатність виконувати функції нижнього рівня управління (уникнути падінь, сутичок, відпрацювання аварійних ситуацій і т.д.);
- можливість роботи в широкому діапазоні температур і середовищ;
- розширюваність, як в сторону збільшення кількості підключеного обладнання, так і в бік підвищення рівня управління;

Систему управління можливо зробити на одній платі, але доцільніше розбити на окремі модулі.

						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На даний момент у вільному доступі існує кілька варіантів систем управління (або шлюз-контролерів в термінології виробників): на базі ПЛК, на базі ПК таких як Intel® NUC, Raspberry Pi, при цьому обов'язкова обов'язка мікроконтролерів типу OR-AVR-M128 і варіант без використання потужних обчислювачів у вигляді наборів спеціалізованих пристроїв на базі мікроконтролерів.

ПЛК (Програмований логічний контролер). Програмований контролер - електронна складова промислового контролера, спеціалізованого (комп'ютеризованого) пристрою, що використовується для автоматизації технологічних процесів. В якості основного режиму тривалої роботи ПЛК, найчастіше в несприятливих умовах навколишнього середовища, виступає його автономне використання, без серйозного обслуговування і практично без втручання людини. Має широкий спектр модулів для максимальної адаптації до вимог розв'язуваної задачі.

Плюсом є вільне нарощування функціональних можливостей при модернізації системи управління. Висока потужність завдяки наявності великої кількості вбудованих функцій.

Оскільки основним завданням кваліфікаційної магістерської роботи є розробка, а не використання готового варіанту управління, було вирішено не використовувати ПЛК.

Raspberry Pi (рисунок 1.4) - одноплатний міні-комп'ютер, спочатку розроблений як бюджетна система для навчання інформатиці. Заснований на процесорі з архітектурою ARM 11, частотою в 700 МГц. В останніх версіях прошивки офіційно дозволили розганяти процесор до 1000 МГц. Це дозволяє досягти прийнятної продуктивності при низькому енергоспоживанні.

Raspberry Pi випускається в декількох комплектаціях: модель «А», модель «В», модель «В +» і модель «Zero». Перші три версії оснащені ARM11 процесором Broadcom BCM2835 з тактовою частотою 700 МГц і модулем оперативної пам'яті на 256Мб / 512Мб, розміщеними за технологією «package-on-package» прямо на процесорі. Модель «Zero» оснащується процесором з 4

						Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ядрами Cortex-A7 з частотою 1 ГГц і оперативною пам'яттю розміром 1 ГБ. Модель «А» оснащується одним USB 2.0 портом, модель «В» двома, а моделі «В +» і «2В» - чотирма. Також в моделях «В», «В +» і «2» присутній порт Ethernet. Крім основного ядра, BCM2835 включає в себе графічне ядро з підтримкою OpenGL ES2.0, апаратного прискорення і FullHD-відео і DSP-ядро. Однією з особливостей є відсутність годинника реального часу.

Вивід відеосигналу можливий через композитний роз'єм RCA або через цифровий HDMI-інтерфейс. У версії «В +» і «2» висновок можливий через аудіораз'єм 3.5 мм. Коренева файлова система, образ ядра і призначені для користувача файли розміщуються на карті пам'яті SD, MMC, microSD (тільки в моделі «В +») або SDIO.

Однією з найцікавіших особливостей Raspberry Pi є наявність портів GPIO (general purpose input / output). Завдяки цьому комп'ютер можна використовувати для управління різними пристроями. В моделі «В» плати присутній 26-піновий, а в моделі «В +» і «2 В» - 40 піновий роз'єм GPIO.

Raspberry Pi працює в основному на операційних системах, заснованих на Linux ядрі. Запуск Windows можливий завдяки засобам віртуалізації таким, як XenDesktop. ARM11 заснований на 6 версії ARM, на якому кілька популярних версій Linux більше не запускаються. Для установки операційних систем існує інструмент NOOBS.

Офіційно підтримувані операційні системи:

- Raspbian рекомендується для всіх тих, хто тільки починає знайомитися з Raspberry Pi;
- OpenELEC медіапрогравач Kodi з відкритим вихідним кодом на базі Linux;
- Raspberry Pi Fedora Remix;
- RISC OS - "рідна" ОС для RISC-процесорів (до яких відносяться процесори ARM);
- OSMC (проект Open Source Media Center - раніше відомий як Raspbmc) медіапрогравач з відкритим вихідним кодом на базі Kodi Media Center і Debian GNU / Linux;

						Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підтримка Windows 10 для Raspberry Pi.



Рис 1.4 – Одноплатний ПК Raspberry Pi zero W

Одноплатна платформа Single-Board RIO (рисунок 1.5) компанії National Instruments (NI) призначена для створення великосерійних інтелектуальних вбудованих систем збору даних і управління складними машинами і механізмами. Вбудовувані платформи Single-Board RIO відповідають високим промисловим стандартам надійності і продуктивності.

Одноплатні комп'ютерні системи Single-Board RIO дозволяють оперативно створювати конкурентоспроможну обладнання за рахунок інтелектуального апаратного забезпечення на базі ПЛІС, контролера реального часу, а також спеціалізованих і простих у вивченні засобів графічного програмування LabVIEW: LabVIEW Real-Time і LabVIEW FPGA, призначених для програмування платформи. Кожна платформа NI Single-Board RIO має вбудований процесор реального часу і високопродуктивну ПЛІС, а також лінії аналогового і цифрового введення / виведення на одній платі. Всі лінії введення / виводу безпосередньо пов'язані з мікросхемою ПЛІС. Це дозволяє впроваджувати алгоритми формування та обробки сигналів на рівні цифрових логічних схем, реалізованих всередині ПЛІС. Мікросхема ПЛІС з'єднана з процесором реального часу при допомозі високошвидкісної шини PCI.

						Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.5 – Система управління на базі контролера Single-board RIO

Даний варіант має достатню продуктивність, але абсолютно не пристосований для роботи в реальному середовищі, і являє собою практичну оціночну плату виробника мікроелектроніки, крім того має вкрай високу вартість.

Контролер GRC-PL-26-V01 (рисунок 1.6) виробництва компанії «TECHNOVISION».

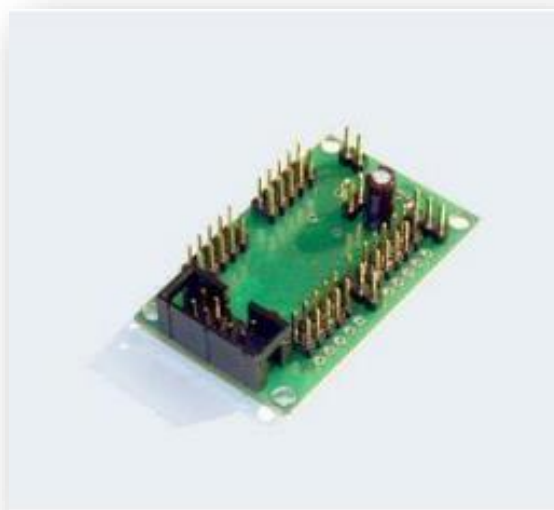


Рис. 1.6 – Контролер GRC-PL-26-V01

Контролерний модуль GRC-PL-26-V01 досить універсальний: він може бути використаний для управління невеликими роботами, а також для обробки сигналів від датчиків, або в якості контролера управління серво-машинками в складних системах.

					Арк.
					24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Модулі OpenRobotics OR-AVR-M128-S, OR-AVR-M128-DS, OR-AVR-M32



Рис 1.7 – Модуль OR-AVR-M128-S

Останній варіант хоч і любительська, але досить серйозна розробка, також не підходить для універсального МР. Вона орієнтована на аматорські конструкції і відповідну апаратуру і інтерфейси.

1.5 Порівняльний аналіз акумуляторних батарей

Свинцево-кислотні акумулятори. Одна з найстаріших акумуляторних систем. Ця батарея недорога, надійна і переносить перевантаження; але вона має низьку питому енергію і обмежений термін служби. Свинцево-кислотний акумулятор використовується в автомобільному транспорті, в інвалідних візках, в системах аварійного освітлення і в джерелах безперебійного живлення (ДБЖ).

Нікель-кадмієві (NiCd) акумулятори. Також є однією з найстаріших і добре вивчених акумуляторних систем. Ці джерела живлення використовуються там, де необхідний тривалий термін служби, високий струм розрядки, екстремальні температури і низька вартість. Через те, що NiCd акумулятори завдають значної шкоди навколишньому середовищу, їх замінюють іншими типами систем.

Основні області застосування: електроінструмент, рації, авіаційний транспорт.

						Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нікель-металгідридні (NiMH) акумулятори. фактично є заміною нікель-кадмієвих; мають більш високу питому енергію і меншу кількість токсичних металів. NiMH акумулятори використовуються в медичному обладнанні, в гібридних автомобілях, в ракетно-космічній техніці, в промисловості.

Літій-іонні (Li-ion) акумулятори. Найперспективніший тип акумуляторних систем; використовуються в портативних споживчих товарах, також як і в електромобілях. Li-ion акумулятори чутливі до перевищення напруги при заряді і, для забезпечення безпеки, в них додається захисний контур, але не завжди. Ці типи акумуляторів дорожче, ніж описані вище.

Сімейство літій-іонних систем можна розділити на три основні типи батарей в залежності від матеріалу катода - це кобальт літію, літіймарганцева шпинель і літій-феррофосфат. Характеристики цих літій-іонних систем наведені нижче.

Кобальт літію або літій оксид кобальту (LiCoO_2). Має високу питому енергією, переносить помірні навантаження і володіє невеликим терміном служби. Застосовується в мобільних телефонах, ноутбуках, цифрових фотоапаратах і інших гаджетах.

Літій-марганцева шпинель або літій-марганцевий (LiMn_2O_4). Переносить високий струм заряду і розряду, але має низьку питому енергію і невеликий термін служби; використовуються в електроінструментах, медичному обладнанні та в електричних силових агрегатах.

Літій-феррофосфатний (LiFePO_4). Схожий з літій-марганцевими; номінальна напруга 3,3 В / елемент більш довговічний, але має більш високу швидкість саморозряду, ніж інші літій-іонні системи.

Таблиця 1.5 - Порівняльні характеристики чотирьох найбільш часто використовуваних типів акумуляторних систем, із зазначенням усереднених параметрів

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5

Параметр	Свинцево-кислотні	Нікель-кадмієві (NiCd)	Нікель-метал-гідридні (NiMH)	Літій-іонні (Li ion)		
				Кобальт літію	Літій-марганцеві	Літій-ферро-фосфатні
Питома щільність енергії, Втч / кг	30-50	45-80	60-120	150-190	100-135	90-120
Внутрішній опір, мΩ	100 акумуляторний блок 12В	100-200 акумуляторний блок 6В	200-300 акумуляторний блок 6В	150-300 7.2В	25-75 на елемент	25-50 на елемент
Час швидкої зарядки, год	8-16	1	2-4	2-4	1 або менше	1 або менше
Стійкість до перезаряду	Висока	Середня	Низька	Низька. Не переносять постійну підзарядку		
Саморозряд/ місяць	5%	20%	30%	Менше 10%		
Номинальна напруга в елементі	2В	1.2В	1.2В	3.6В	3.8В	3.3В
Струм навантаження відносно ємності (С)						
- Піковий	5С	20С	5С	>3С	>30С	>30С
- Номинальний	0,2	1С	0,5С	<1С	<10С	<10С
Температура розрядки	Від -20°C до 50°C	Від -20°C до 65°C		Від -20°C до 60°C		
Вимоги до обслуговування	3-6 місяців (дозаряд)	30-60 днів (розряд)	30-90 днів (розряд)	Не потребується		
Вимоги до безпеки	Термічно стабільні	Термічно стабільні, зазвичай використовують термозапобіжники		Обов'язковий захисний контур		
Початок виробництва, рік	Кінець 1800-х	1950	1990	1991	1996	1999

						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6 Постановка завдання

У кваліфікаційній роботі необхідно розробити 2-х колісний мобільний автономний наземний робот, який буде мати на борту повноцінну відеокамеру, здатний транслювати відео потік у високій якості на певній відстані. З можливістю плавного радіо керування.

Для досягнення постановленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- зробити аналіз існуючих мобільних роботів;
- розробити принципову електричну схему;
- розробити корпус робота;
- розробити систему управління мобільним роботом;
- провести експериментальні дослідження моделі;

2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Принципова електрична схема є одним з найважливіших компонентів мобільного робота і являє собою "комплекс", який складається з окремих модулів.

2.1 Вибір обладнання

Для того щоб приступити до розробки функціональної схеми мобільного робота, необхідно зробити вибір обладнання.

Вимоги до електроприводу мобільних роботів

Основні вимоги до електроприводу мобільних роботів:

- Необхідність синхронної роботи декількох електродвигунів
- Забезпечення необхідних динамічних характеристик
- Забезпечення необхідного моменту на валу
- Забезпечення необхідної постійної швидкості

						Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливості електроприводу мобільних роботів

Двоколісний мобільний робот використовує модель руху диференціального диску. Тому кожне робоче колесо обертається під контролем швидкості. Сигнал напруги надсилається для кожного приводу двигуна для управління колесом. Змінюючи співвідношення 4-канальних сигналів напруги, мобільний робот може переміщатися в різних режимах руху, включаючи поздовжній і обертальні рухи.

Вибір типу електроприводу

У цю епоху промислової автоматизації роботи використовуються для обробки різних процесів для точної і кращої якості виробництва. Вибір ідеального двигуна для ідеального робота завжди є важким завданням при розробці робота, особливо для промисловості. Правильний вибір електродвигунів у промислових роботах вимагає декількох параметрів для врахування ручного управління, положення, кутових і лінійних рухів.

Концепція вибору двигуна включає визначення швидкості, прискорення, вимог до крутного моменту робота на основі ваги робота, розміру колеса і області застосування, в якій він повинен бути реалізований. Існує багато типів двигунів, доступні на сьогоднішньому ринку, але в основному промислові роботи використовують: двигуни змінного струму, двигуни постійного струму, серводвигуни і шагові двигуни в залежності від області їх застосування.

1. Двигуни змінного струму можуть бути далі поділені на асинхронні і синхронні типи. Наприклад, асинхронний електродвигун змінного струму являє собою блок асинхронного типу, який по суті складається з дротяного статора і ротора. Живлення підключено до проводу, і змінний струм, що протікає через нього, індукує електромагнітне (ЕМ) поле в спіральному дроті, причому досить сильне поле забезпечує силу для руху ротора. Синхронні двигуни - це двигуни з

						Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постійною швидкістю, які працюють синхронно з частотою мережі змінного струму і зазвичай використовуються там, де потрібна точна постійна швидкість.

2. Промислова робототехніка часто використовує двигуни постійного струму через простоту управління швидкістю і напрямом. Вони здатні до нескінченного діапазону швидкостей, від повної швидкості до нуля, з широким діапазоном навантажень.

Оскільки двигуни постійного струму характеризуються високим відношенням крутного моменту до інерції, вони можуть швидко реагувати на зміни сигналів управління. Двигун постійного струму може плавно регулюватися до нуля і миттєво прискорюватися в протилежному напрямку без необхідності складної схеми перемикання потужності. Безщіткові двигуни постійного струму з постійними магнітами зазвичай дорожче, ніж щіткові, хоча вони можуть забезпечити переваги в енергоспоживанні і надійності.

Без комутатора безщіткові двигуни можуть працювати більш ефективно і на більш високих швидкостях, ніж звичайні двигуни постійного струму. Більшість безщіткових двигунів постійного струму працюють на трапецієподібній формі хвилі змінного струму, але деякі з двигунів працюють з синусоїдальними хвилями. Безщіткові двигуни з синусоїдальними хвилями можуть забезпечити плавну роботу і більш низькі швидкості з низькою пульсацією крутного моменту, що робить їх ідеальними для шліфування, нанесення покриттів і інших застосувань, таких як обробка поверхні.

У разі щіткових двигунів постійного струму, якщо ви хочете, щоб ваш двигун обертався повільніше без втрати потужності, ви можете використовувати широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ). Таким чином, двигун обертається з меншою швидкістю, як якби було застосовано більш низьку напругу, не піклуючись про потужність.

						Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По суті, крутний момент, створюваний щітковим двигуном постійного струму, занадто малий, а швидкість занадто велика, щоб бути корисною. Таким чином, зазвичай використовуються редуктори для зниження швидкості і збільшення крутного моменту.

3. Серводвигуни використовуються в замкнених системах з цифровим контролером. Контролер посилає команди швидкості на підсилювач драйвера, який, в свою чергу, живить серводвигун. Влаштована деяка форма зворотного зв'язку, такого як резольвер або енкодер, надає інформацію про положення і швидкість серводвигуна. Резольвер або енкодер можуть бути інтегровані з двигуном або розташовані дистанційно. Завдяки замкнутій системі серводвигун може працювати з певним профілем руху, який запрограмований в контролері.

4. Крокові двигуни можуть працювати зі зворотним зв'язком або без нього, при цьому оберти двигуна розбиваються на невеликі кутові кроки. Він управляється імпульсними командними сигналами і може точно зупинитися в заданій точці без необхідності використання гальм або зчеплення, але має відносно малий момент на валу. Коли живлення вимикається, кроковий двигун з постійними магнітами зазвичай залишається в своєму останньому положенні. Кілька крокових двигунів можна підтримувати синхронно, приводячи їх у дію від загального джерела.

Отже, в нашому випадку найкраще підходять двигуни постійного струму. Легкі в управлінні та регулюванні, відносно дешеві і мають малий розмір та вагу. Для забезпечення необхідного моменту на валу, повинен бути присутній редуктор. Для цієї задачі чудово підходить модель двигуна - **Arduino DC Motor** (рисунок 2.1).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

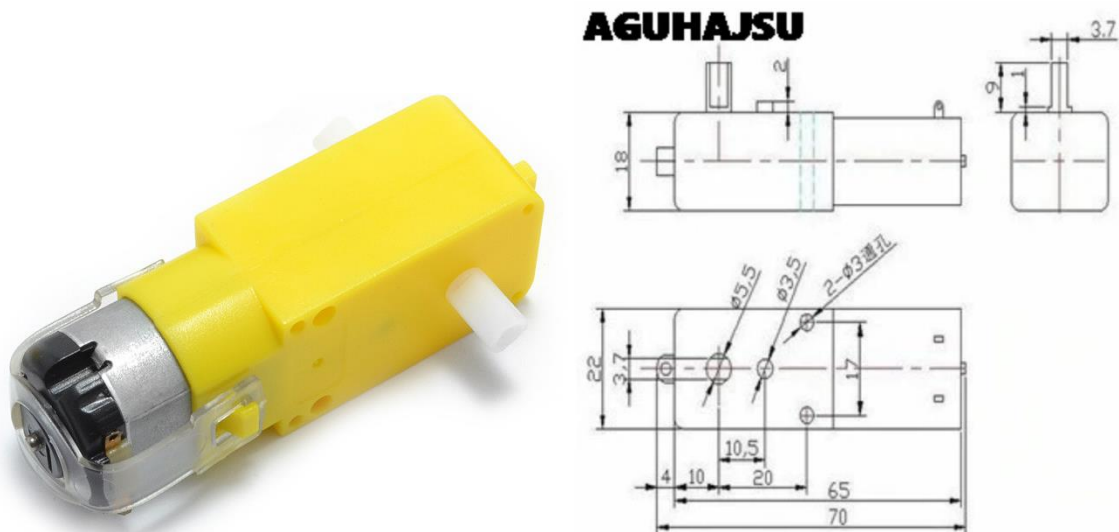


Рис. 2.1 – Arduino DC Motor

Характеристики даної моделі:

Номінальна напруга	6.0V (DC)
Температурний діапазон	-20°C~+60°C
Діапазон вологості	0%-90%
Струм холостого ходу	70 mA
Швидкість без навантаження	170±10% вб\хв
Номінальне навантаження	0.9 Kgf.cm
Номінальний струм	100mA
Номінальна швидкість	170±10% об\хв
Стартовий момент	2.5kgf.cm
Струм короткого замикання	≥ 1.0 A
Відношення редуктора	1:48

Вибір драйвера двигунів

Драйвер двигуна це електронний пристрій, метою якого є управління двигунами. Драйвером називається окремий пристрій або окремий модуль, мікросхема в пристрої, що забезпечують перетворення електричних сигналів в електричні або інші дії, придатні для безпосереднього управління виконавчими або сигнальними елементами.

					Арк.
					32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Так як робот двохколісний і кожне колесо буде мати свій привід, тому і двигуна буде два. Найкращим рішенням буде обрати драйвер, який здатен керувати одразу двома двигунами. Для цієї задачі підходить драйвер L298N (рисунок 2.2).

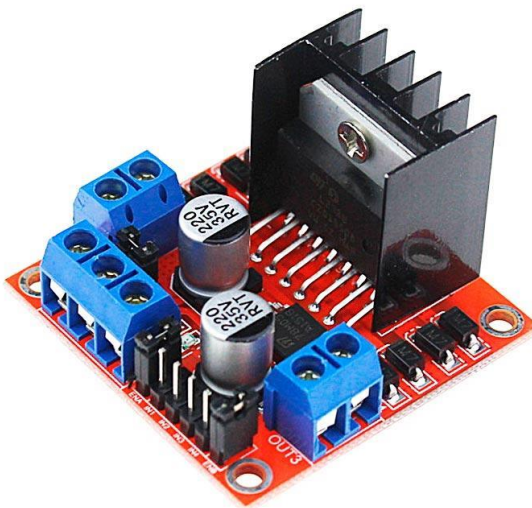


Рис. 2.2 – Драйвер L298N

Характеристики:

Драйвер зібраний на мікросхемі L298N від компанії ST;

Напруга живлення вбудованої логіки: 5В;

Споживаний струм вбудованої логіки: 0 - 36мА;

Напруга живлення драйвера: 5 - 35В (максимальне 46В);

Робочий струм драйвера: 2А (макс струм 3А);

Максимальне споживання енергії: 25 Вт;

Робоча температура: -20 ° С - + 135 ° С;

Однак даний драйвер має відносно великі габарити плати та радіатору, тому була знайдена його міні версія, яка має аналогічні можливості і характеристики, але набагато компактніша.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рис. 2.3 – Драйвер L298N mini

Отже, було вирішено організувати управління приводами, за допомогою драйвера L298N mini (рисунок 2.3). Цей варіант зменшує розміри мобільної платформи до мінімуму і являється економічно більш вигідним.

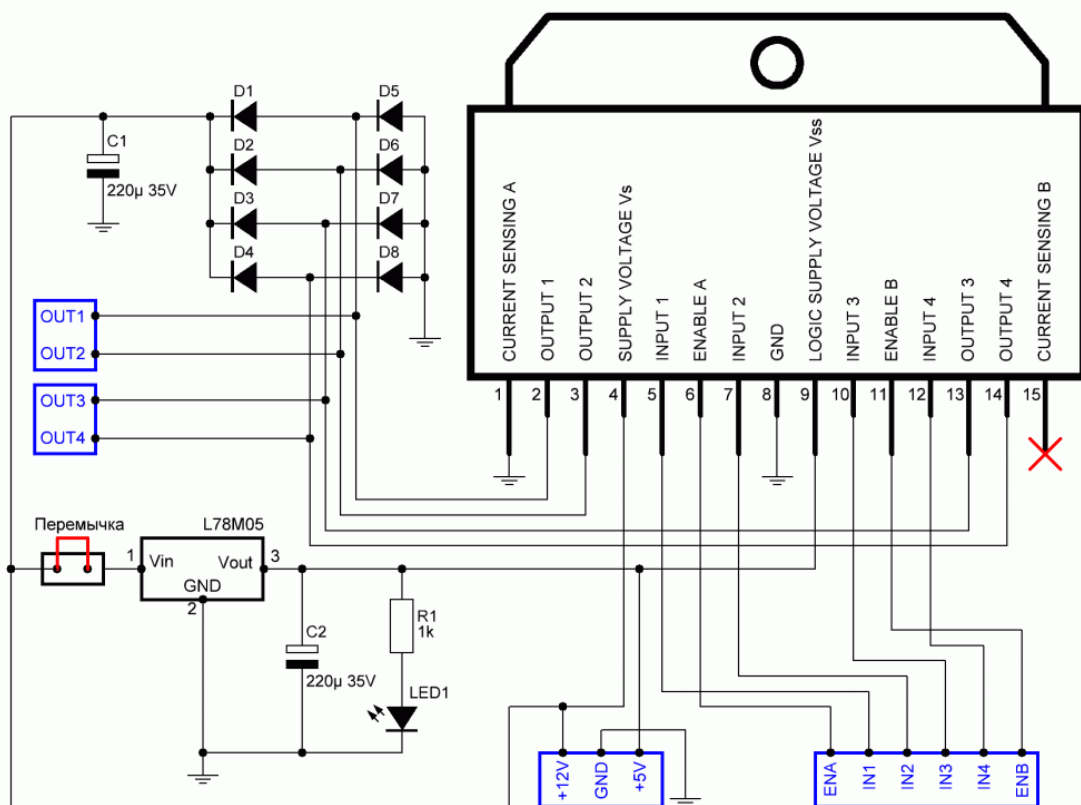


Рис. 2.4 – Електрична схема драйвера L298N mini

Вибір контролера

Проаналізувавши у розділі 1.4 існуючі контролери для мобільних роботів, було вирішено в кваліфікаційній роботі використати одноплатний комп'ютер Raspberry Pi zero W (рисунок 2.5). Цей комп'ютер задовольняє усі потреби для мобільного робота, має шлейф для підключення відеокамери, вбудований Wi-Fi модуль, найменші розміри і відносно низьку вартість.



Рис. 2.5 Raspberry Pi zero W

Для реалізації функції отримання і передачі відео потоку, одноплатний комп'ютер має роз'єм для підключення спеціально розробленої для нього камери Raspberry Pi Zero Camera (рисунок 2.6).



Рис. 2.6 Raspberry Pi Zero Camera

					Арк.
					35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Характеристики:

Назва: Raspberry Pi Zero Camera

Підтримка: Raspberry Pi Zero V1.3 / Raspberry Pi Zero W

Датчик 5 Мп OV5647

Дозвіл зображення 2592 x 1944

Підтримка відеозапису 1080р30, 720р60 і 640x480р6 0/90

Розміри: 60 мм, мм, 11,5 мм, 5 мм

Вибір акумуляторної батареї

Проаналізувавши у розділі 1.5 акумуляторні батареї, для кваліфікаційної роботи було обрано два 3.6 В літій-іонні акумулятори типу INR18650 (рисунок 2.7), ємністю 3000мАг, що при паралельному з'єднанні дає загальну ємність батареї 6000мАг.



Рис. 2.7 Акумулятор INR18650

					Арк.
					36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Переваги літій-іонних акумуляторів:

- Довгий термін служби.
- Не потребує обслуговування.
- Швидко заряджається.
- Підзарядка в будь-який час.
- Не шкідливий і безпечний.
- Зручний у використанні.
- Безвідмовна робота при будь-якій температурі.
- Відсутність падіння напруги.

Додаткові модулі

- 1) Енергоживлення - в системі енергоживлення присутні: два акумулятори напругою 3.6В, плата підвищення напруги до 5В МТ3608, та модуль зарядки акумуляторів TP4056.
- 2) Освітлення — у роботі була реалізована схема світлодіодного освітлення за допомогою двох світлодіодів високої яскравості та транзистора BC337. Освітлення вмикається дистанційно через інтерфейс WEB управління.
- 3) Рівень заряду акумулятора — для контролю рівня заряду акумуляторної батареї, застосована плата АЦП ADS1115

2.2 Розробка функціональної схеми

Енергоживлення мобільного робота здійснюється від двох літій-іонних акумуляторів, які підключені через плату контролю розряду та заряду. За вмикання та вимикання робота відповідає вимикач, який розриває електричне коло. Так як комп'ютер та драйвер двигунів живляться від напруги 5В, напруга з акумуляторів підіймається підвищуючим модулем з 3.6В до 5В. Raspberry Pi підключається до драйвера через виводи GPIO (general-purpose input/output). Для контролю напруги на акумуляторній батареї підключається АЦП ADS1115, який з'єднується з комп'ютером по шині I2C.

						Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для можливості дистанційного контролю освітленням до піна GPIO22 через транзистор підключаються два LED світло діоди підвищеної яскравості.

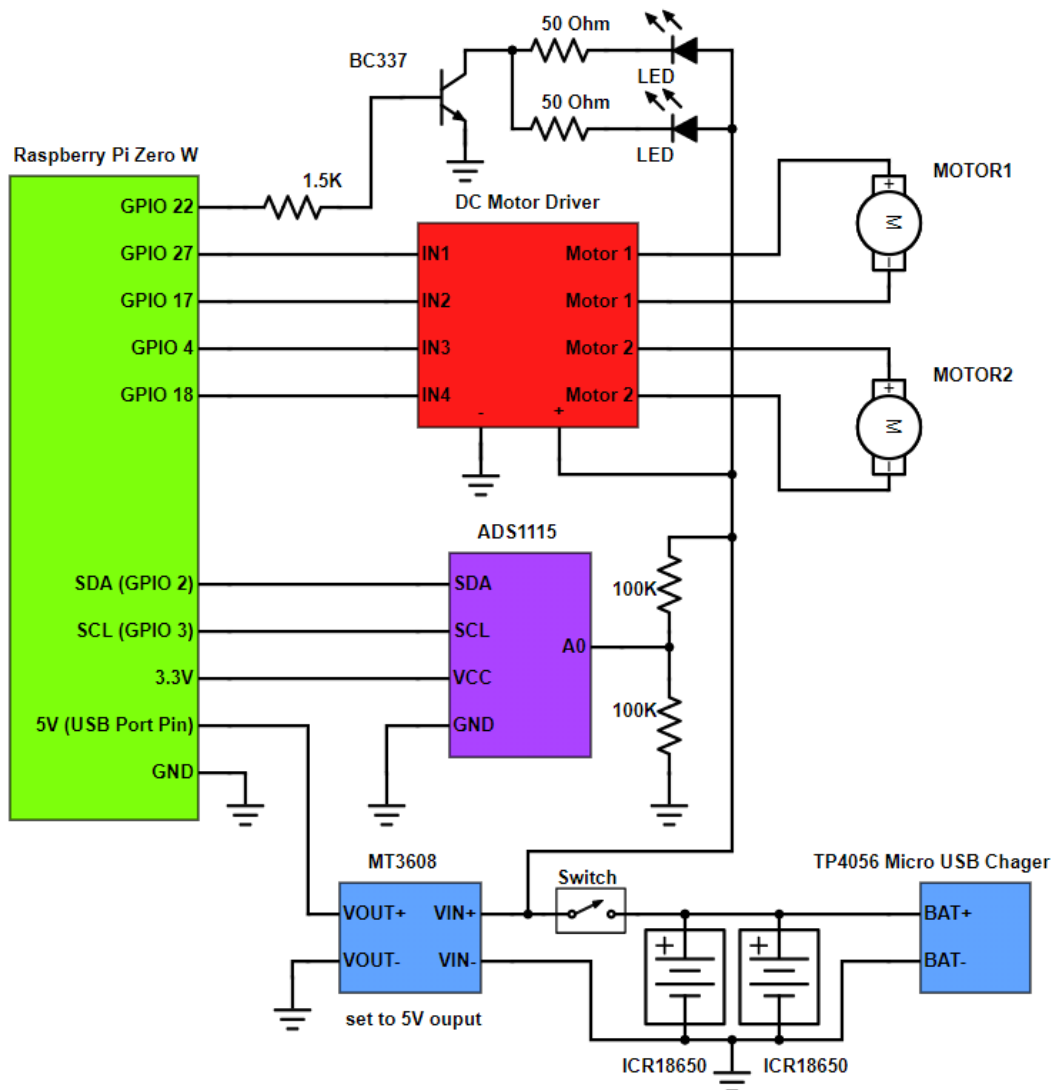


Рис. 2.8 Функціональна схема

Функціонування розробленої схеми спочатку було протестовано на базі іграшкової радіокерованої машинки (рисунок 2.9).

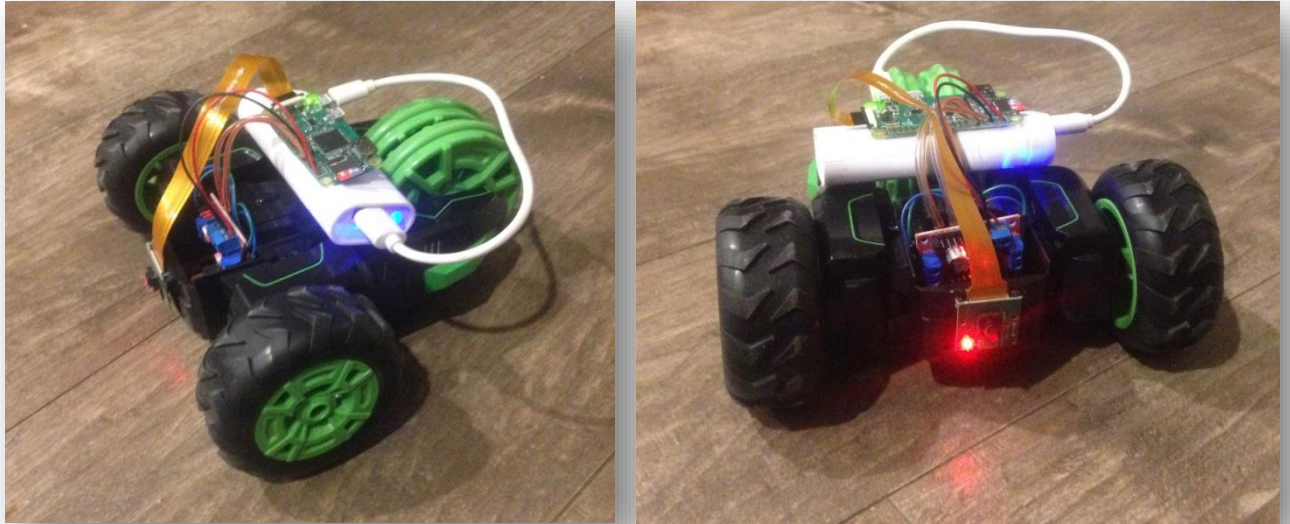


Рис. 2.9 Перший дослідний макет

2.3 Розробка корпусу мобільного робота

Після вдалих тестувань, було вирішено у середовищі Solid Works змодельовати корпус для мобільної роботизованої платформи. Корпус повинен бути максимально компактним та мати: посадочні місця під одноплатний комп'ютер, камеру, LED освітлення, двигуни, отвір для радіатора охолодження головного процесору, отвір для роз'єму зарядки та отвір під вимикач. Для забезпечення найкращої прохідності, були змодельовані великі колеса, які дозволятимуть роботу продовжувати рух при перевертанні.

						Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

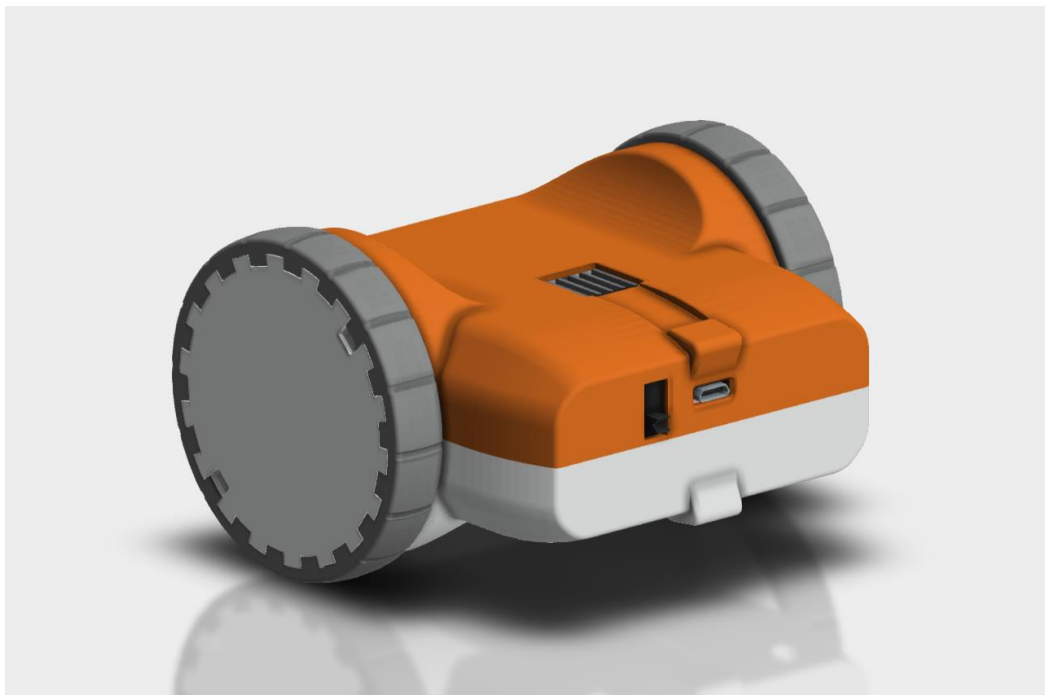
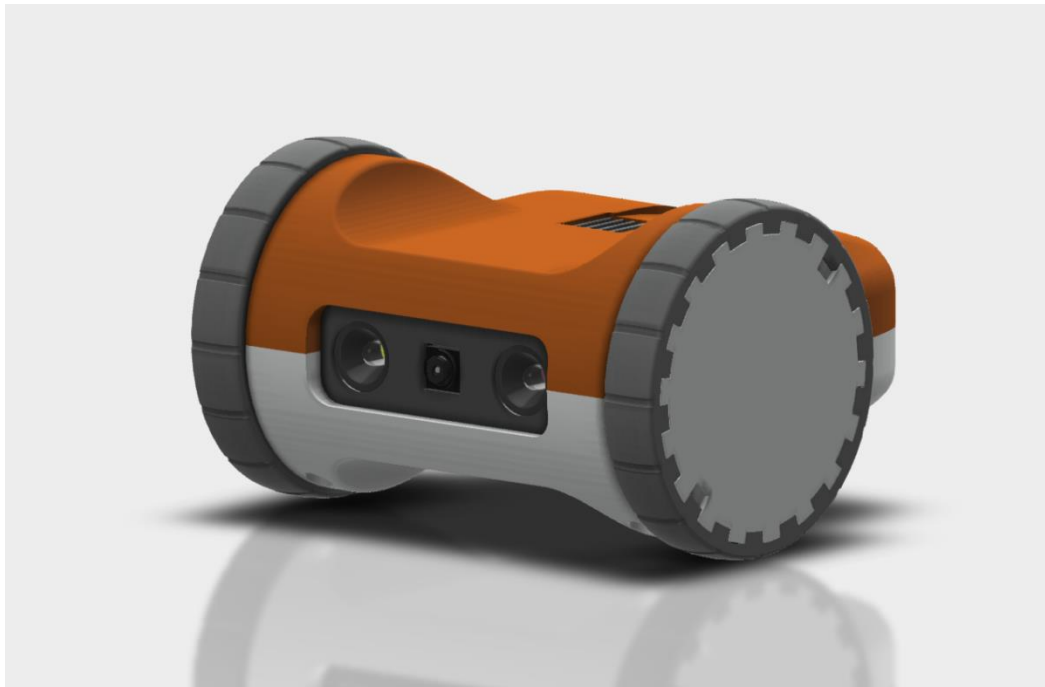


Рис. 2.10 3D модель корпусу роботизованої платформи

Деталі (рисунок 2.11) розробленої моделі було роздруковано на 3D принтері.

					Арк.
					40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

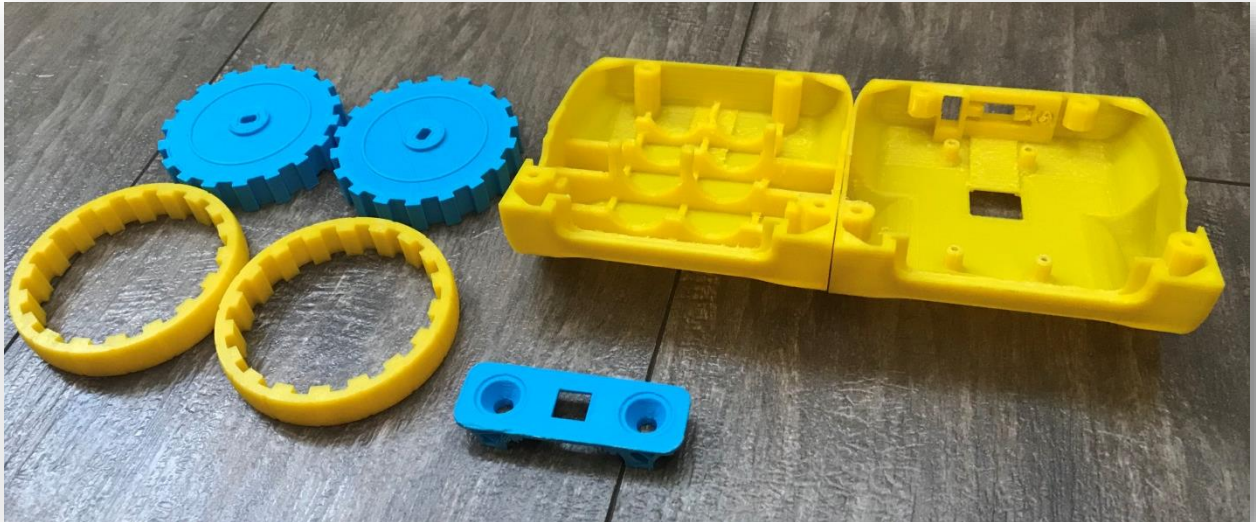


Рис. 2.11 Деталі корпусу роботизованої платформи

Далі, усі обрані раніше компоненти системи були вдало змонтовані у новий корпус (рисунок 2.12).

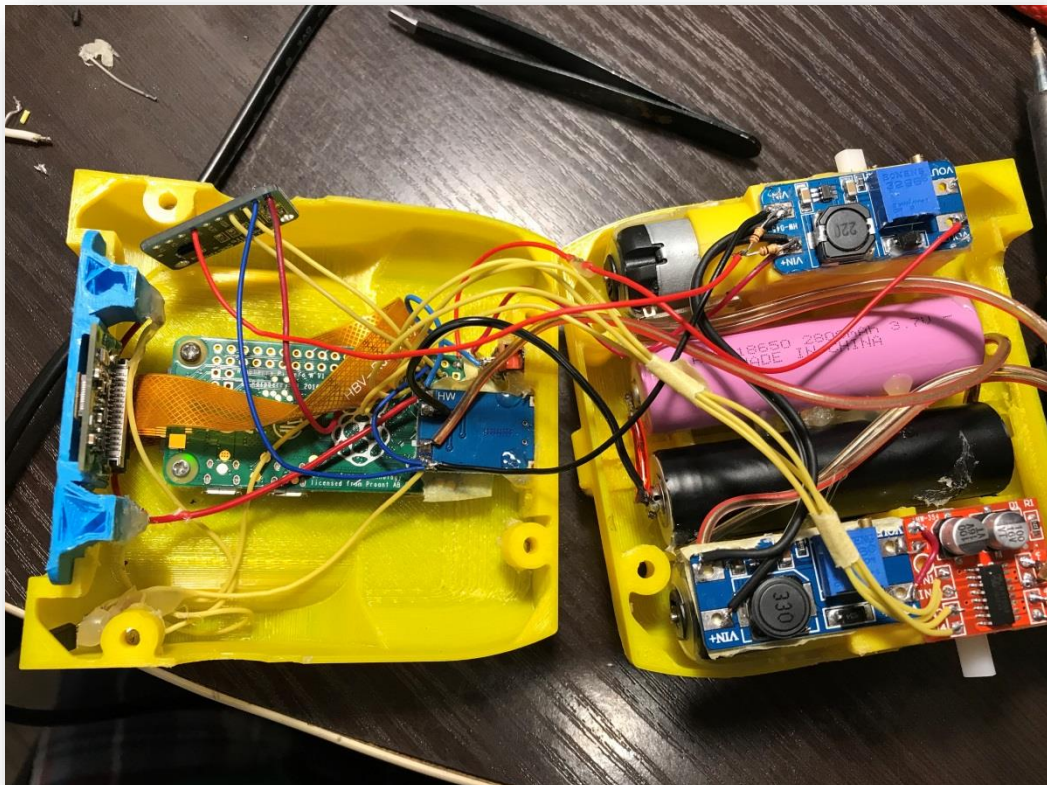


Рис. 2.12 Розташування компонентів всередині корпусу

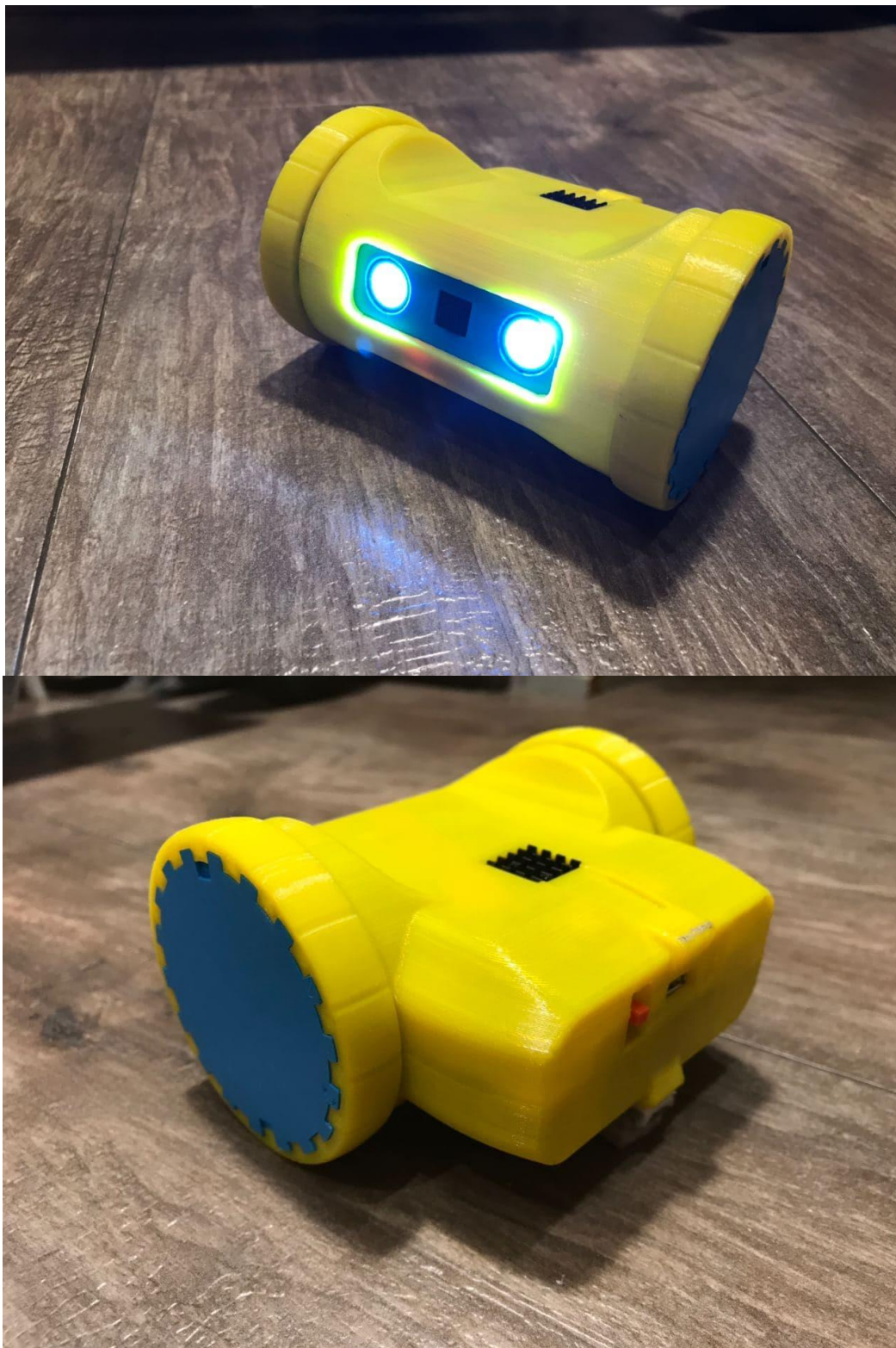


Рис. 2.13 Зовнішній вигляд спроектованого мобільного робота

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	42

3. МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Модель робота приводиться в рух двома співвісними, неповоротними, незалежними, активними (привідними) колесами (1 ліве, 2-праве) і одним пасивним опорним виступом в абсолютній декартовій системі координат $x = (x, y)$ і відносній системі координат $z = (z_1, z_2)$ (рис. 3.1).

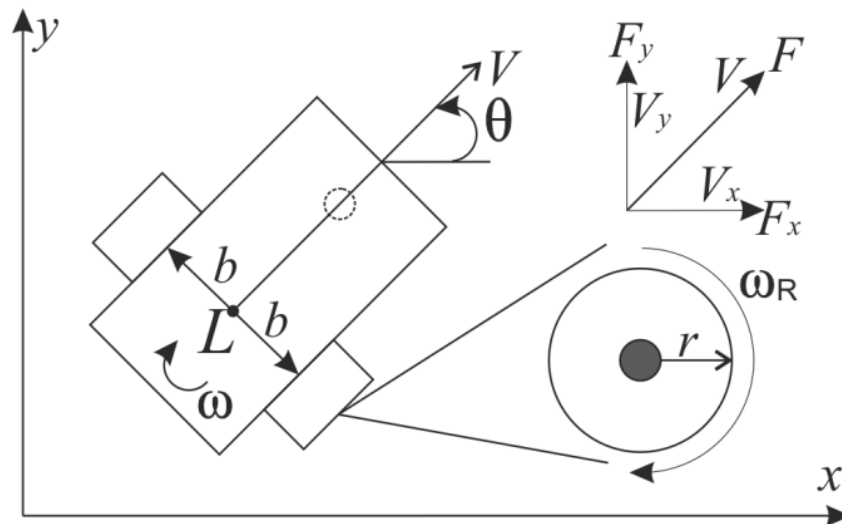


Рис. 3.1 Кінематична схема мобільного робота

Кожне провідне колесо приводиться в рух двигуном постійного струму. Опорний виступ забезпечує підтримку платформи візка в горизонтальному положенні. L - характерна точка робота (центр-мас). Положення платформи в кожен момент часу однозначно визначається вектором

$x^c = (x^c, x^c)$ координат точки L .

При побудові моделі руху робота в горизонтальній площині у відносній системі координат $z = (z_1, z_2)$, пов'язаної з рухомою платформою, передбачається:

- конструкція робота є абсолютно жорсткою;
- впливом пасивного опорного модуля можна знехтувати;
- привідне колесо знаходиться в точковому контакті з поверхнею.

3.1 Кінематична модель

Дана модель не враховує масо-інерційні характеристики робота. Модель мобільного робота описується наступними змінними і параметрами:

					Арк.
					43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

- $x_1^*(t), x_2^*(t)$ - бажана траєкторія;
- $x_1(t), x_2(t)$ - реальна траєкторія;
- $\hat{x}_1(t), \hat{x}_2(t)$ - оцінювана траєкторія;
- L - відстань між колесами;
- r - радіус коліс;
- n_{\ominus} - число імпульсів енкодера за один оборот;
- k_{HC} - коефіцієнт швидкості обертання і напруга на якорі двигуна;
- $v_1(t), v_2(t)$ - швидкість (по координатам) центра робота в залежності від часу;
- $v(t) \geq 0$ - модуль швидкості центра робота;
- $s(t) \geq 0$ - шлях центра робота;
- $V(t) = \pm v(t)$ - модуль швидкості центра робота зі знаком «+», якщо робот їде вперед, і «-», якщо назад;
- $S(t)$ - шлях центра робота (інтеграл $V(t)$ від часу);
- $V_{\text{л}}(t), V_{\text{п}}(t)$ - модулі швидкості лівого та правого колеса;
- $S_{\text{л}}(t), S_{\text{п}}(t)$ - шлях лівого та правого колеса;
- $N_{\text{л}}(t), N_{\text{п}}(t)$ - кількість імпульсів енкодера з моменту запуску програми і до моменту t ;
- n_{\ominus} - кількість імпульсів енкодера за один оберт вала двигуна;
- $\alpha(t)$ – кут повороту робота відносно осі OX_1 ;
- $\omega(t)$ – кутова швидкість робота.

Вирази, що описують модель, приведені нижче.

1.1) Шлях, пройдений обома колесами:

$$\hat{S}_{\text{л}} = \frac{2\pi r}{n_{\ominus}} \cdot N_{\text{л}} \quad (3.1)$$

$$\hat{S}_{\text{п}} = \frac{2\pi r}{n_{\ominus}} \cdot N_{\text{п}} \quad (3.2)$$

1.2) Шлях центра робота:

$$\hat{S} = \frac{\hat{S}_{\text{л}} + \hat{S}_{\text{п}}}{2} \quad (3.3)$$

1.3) Модуль швидкості центра робота:

$$\hat{V} = \dot{\hat{S}} \quad (3.4)$$

					Арк.
					44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.4) Швидкість робота по обом координатам:

$$\hat{v}_1 = V \cos \alpha \quad (3.5)$$

$$\hat{v}_2 = V \sin \alpha \quad (3.6)$$

1.5) Положення центра робота:

$$\hat{x}_1(t) = \int_0^t \hat{v}_1 dt + x_{10} \quad (3.7)$$

$$\hat{x}_2(t) = \int_0^t \hat{v}_2 dt + x_{20} \quad (3.8)$$

1.6) Кут поворота робота:

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{S}_\Pi - \hat{S}_Л}{L} + \alpha_0 \quad (3.9)$$

3.2 Модель управління роботом

Маючи бажану траєкторію, описувану рівняннями $x_1^*(t)$, $x_2^*(t)$, необхідно забезпечити рух робота по цій траєкторії. Тоді лінійна і кутова швидкості робота розраховуються за формулами

$$v = \sqrt{\dot{x}_1^{*2} + \dot{x}_2^{*2}}, \quad (3.10)$$

$$\omega = \frac{\dot{x}_1^{**} \dot{x}_2^{**} - \dot{x}_2^{**} \dot{x}_1^{**}}{\dot{x}_1^{*2} + \dot{x}_2^{*2}} \quad (3.11)$$

Кутові швидкості коліс можуть бути знайдені у відповідності з виразами

$$\omega_\Pi = \frac{v - 0.5 \cdot \omega \cdot L}{r}, \quad (3.12)$$

$$\omega_\Pi = \frac{v + 0.5 \cdot \omega \cdot L}{r} \quad (3.13)$$

На основі даних виразів здійснюється управління двигунами робота.

					Арк.
					45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

На основі моделей і алгоритмів, визначених у розділі 3, були складені наступні віртуальні моделі і програми:

- модель робота (середовище Simulink);
- програма управління рухом робота (середовище MATLAB).

В даному розділі розглянуто кожна з них.

4.1 Модель робота в Simulink

Модель складається з трьох частин:

- керуюча частина;
- об'єкт управління;
- блок оцінки стану.

Керуюча частина - це комп'ютер, що здійснює управління, шляхом відправки пакетів даних мобільному роботу.

Об'єкт управління моделює мобільний робот. Керованими змінними є кутові швидкості кожного двигуна. Змінними стану є:

- x_1, x_2, α – змінні, які описують положення робота;
- v_1, v_2 – змінні, які описують швидкість робота;

Вихідними змінними об'єкта управління є s_l, s_r - шлях пройдений лівим і правим колесом (отриманий за допомогою енкoderів).

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

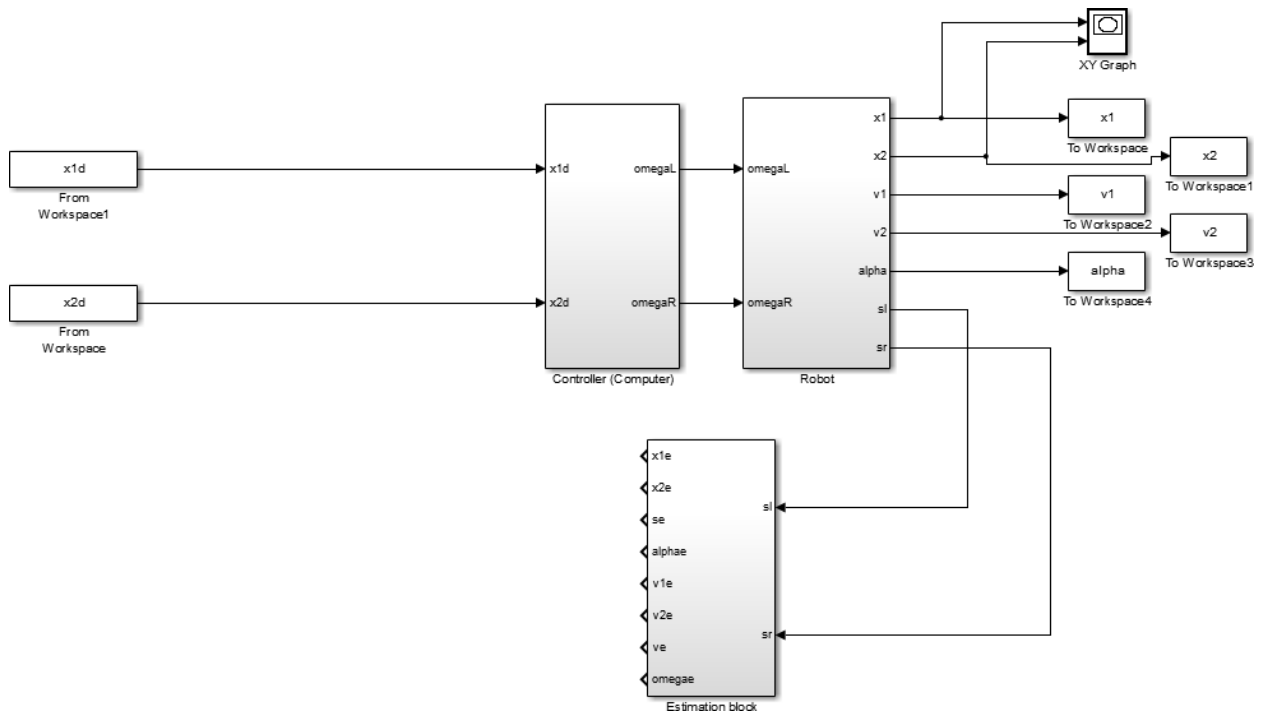


Рис. 4.1 – Загальний вигляд управління моделі робота в Simulink

Розглянемо кожен блок системи управління окремо.

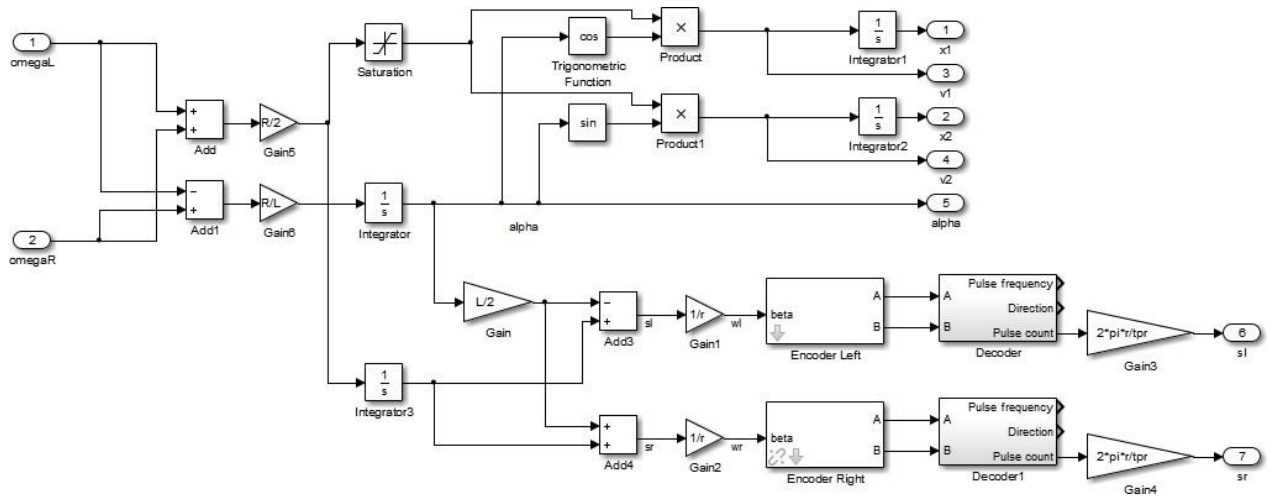


Рис. 4.2 – Блок об'єкта управління

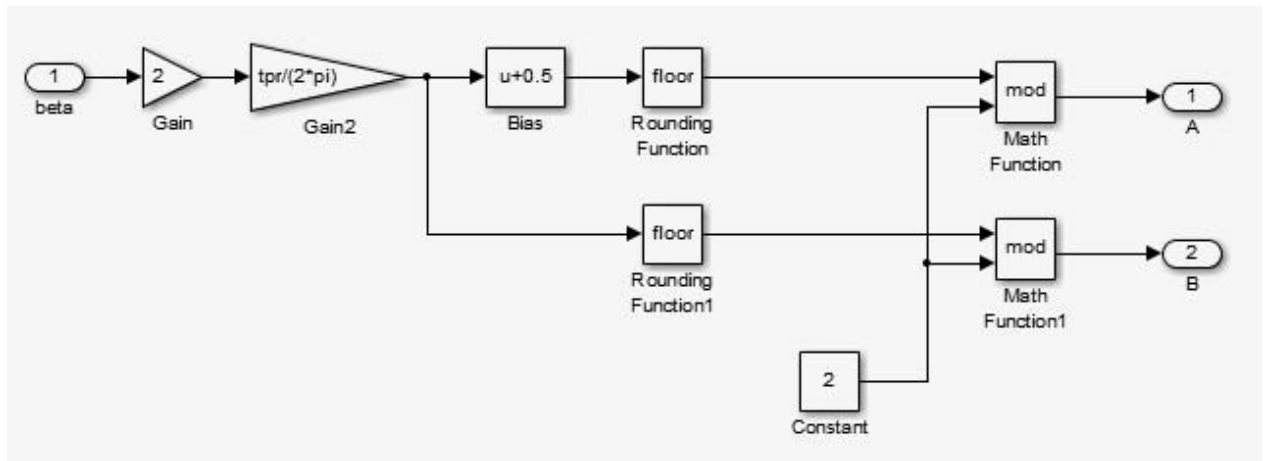


Рис. 4.3 – Блок енкодера, розроблено в Simulink

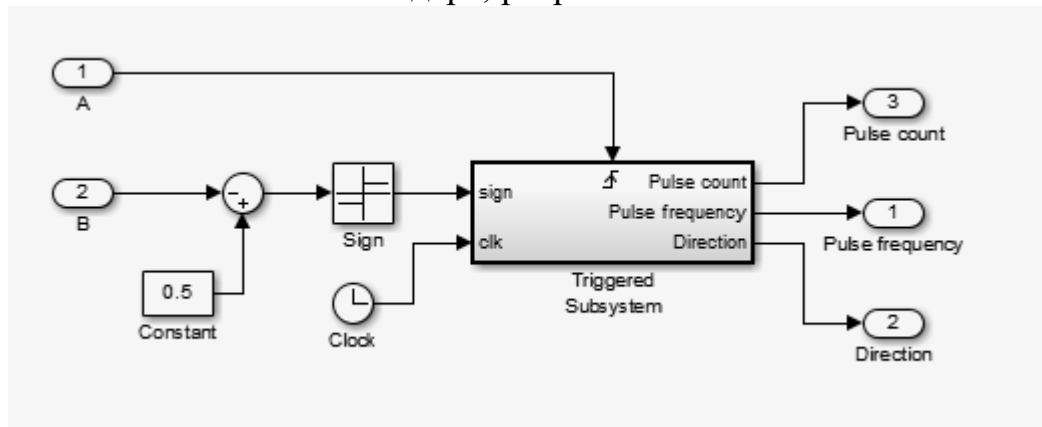


Рис. 4.4 – Блок декодера

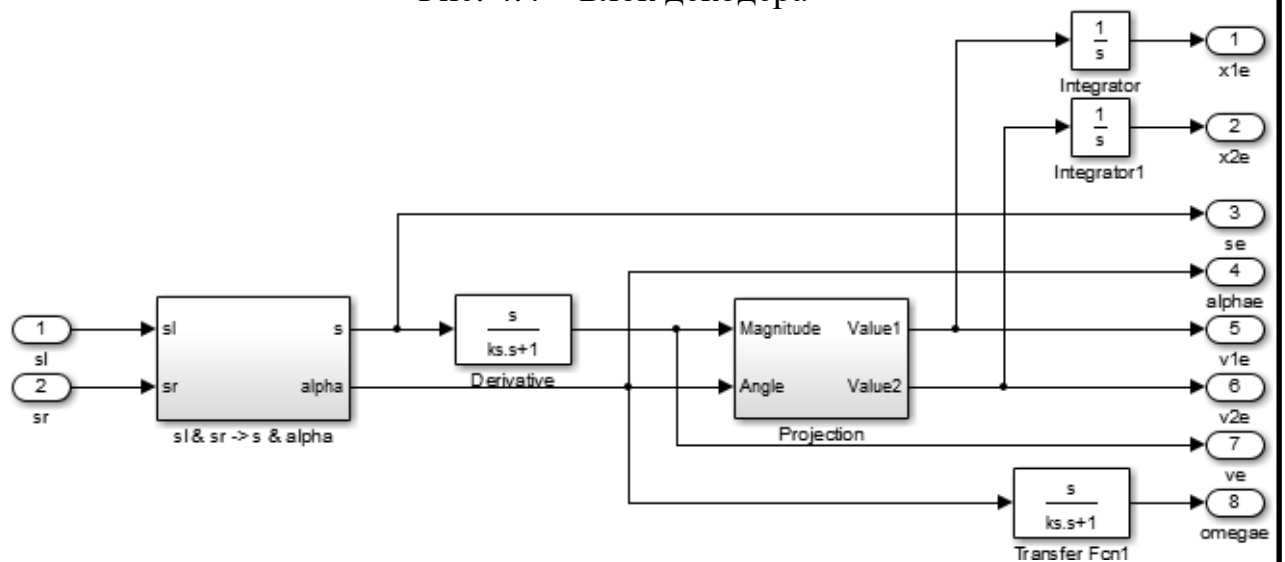


Рис. 4.5 – Блок оцінки положення робота

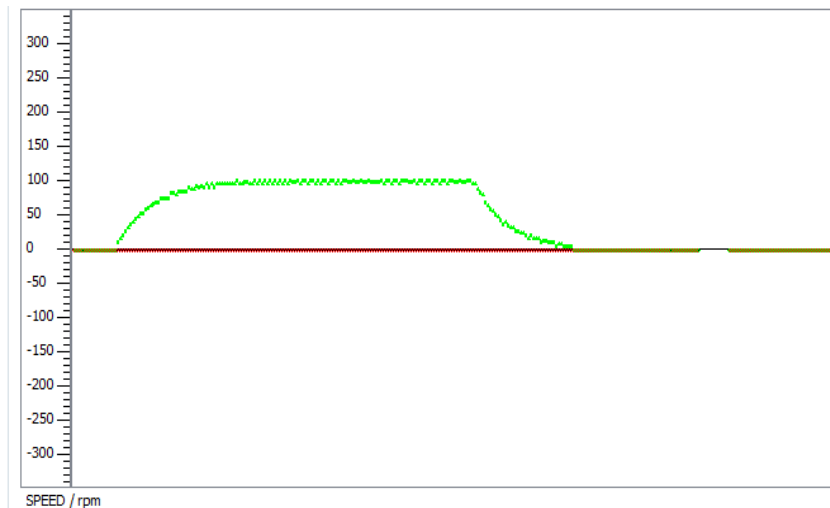


Рис. 4.6 Графік швидкості обертання колеса мобільного робота

4.2 Програма ручного управління рухом

Для ручного управління роботом було вирішено застосувати технологію FPV скорочена назва системи управління від «першої особи» - First Person View.

Wi-Fi FPV - найбільш універсальна і найпопулярніша технологія передачі даних. Причина популярності: простота і дешевизна. Таке обладнання несуть на борту майже всі бюджетні дрони і роботи.

Цей варіант гарний тим, що роль монітора в цьому випадку успішно виконає звичайний смартфон або планшет. Для початку управління вам потрібно підключитися до WiFi точки, до якої підключений робот та у WEB інтерфейсі вписати IP адресу робота. Доступно, зручно, просто.

Але є і свої мінуси:

- радіус передачі сигналу обмежений WiFi зоною;
- присутня затримка картинки і вона збільшується з віддаленням робота від Wi-Fi точки доступу.

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтерактивний інтерфейс програми представлений у вигляді віртуальної панелі, що імітує панель пульта управління. Він містить кнопки, картинку, отримвану з камери у реальному часі та інші засоби управління і індикації. Введення даних при цьому здійснюється за допомогою миші або / та клавіатури у WEB інтерфейсі.

Щоб підключитися до WEB інтерфейсу дистанційного керування, спочатку необхідно сконфігурувати робота, під час встановлення прошивки, вказати SSID та password точки доступу Wi-Fi. Далі при включенні робота, він автоматично підключатиметься до заданої точки доступу. Наступним кроком треба з'ясувати IP адресу робота, просканувавши точки доступу Wi-Fi (наприклад за допомогою програми Fing). Цю IP адресу необхідно вписати в URL строку WEB браузера пристрою, котрий також повинен бути підключеним до спільної з роботом, точки доступу Wi-Fi. Після переходу за цією адресою, відкриється WEB інтерфейс радіокерування мобільним роботом (рисунок 4.7).



Рис. 4.7 – Інтерфейс програми управління

					Арк.
					50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

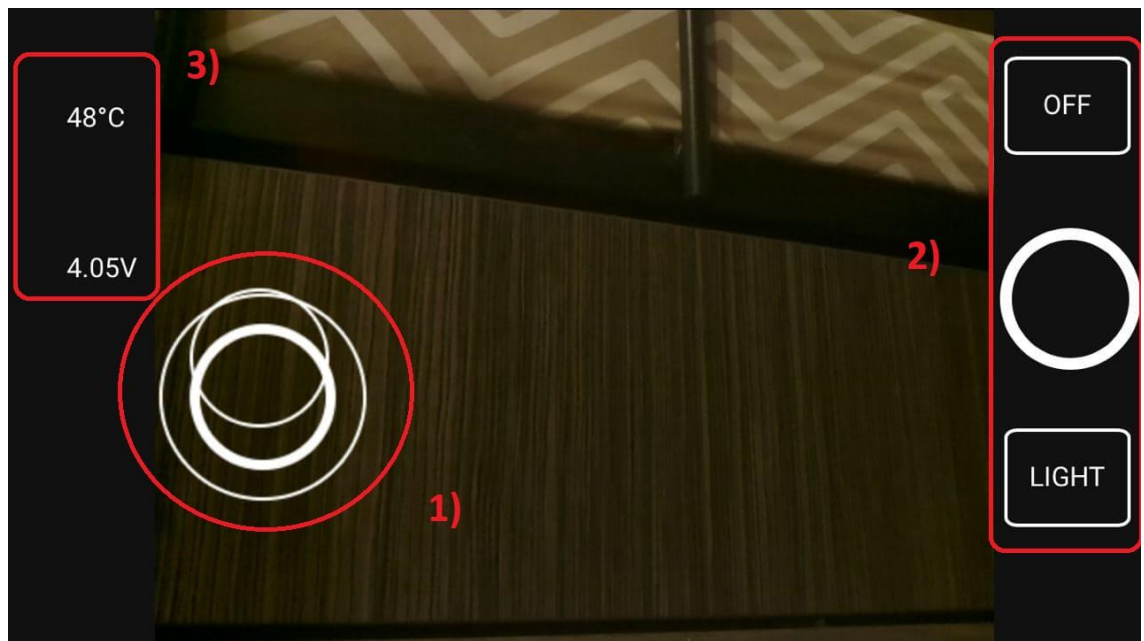


Рис. 4.8 Блоки інтерфейсу управління

Інтерфейс складається з трьох блоків (рисунок 4.8):

- 1) блок управління рухом – у будь-якій точці на екрані при натисканні мишкою або пальцем на екрані смартфона, з'являється віртуальний джойстик;
- 2) блок кнопок: фотографування, управління освітленням, вимикання робота;
- 3) блок моніторингу температури процесора та напруги акумуляторної батареї.

У першому блоці імітуються рух джойстика. При перетягуванні джойстика вгору, робот почне рухатися вперед прямо, а при перетягуванні вниз - почнеться рух назад. Розвороти на місці здійснюються шляхом переміщення повзунка вліво або вправо, при цьому робот використовує танковий розворот.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У даній кваліфікаційній роботі магістра розглянуто ефективність та доцільність впровадження мобільних роботів та систем управління ними в якості платформ для лабораторних робіт та досліджень у сфері навігації.

Проведене дослідження висвітлює наступні питання:

- обладнання лабораторії робототехніки сучасним мобільним роботом для проведення лабораторних робіт, та досліджень у сфері навігації;
- повна розробка саморобного мобільного робота з використанням сучасного мікрокомп'ютера;
- від впровадження мобільного робота передбачається що розробка задовольнятиме потреби лабораторії робототехніки;
- економічна доцільність запропонованого рішення полягає в тому, щоб розроблений мобільний робот задовольняв усі потреби та був дешевшим ніж запропоновані рішення на ринку.

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням радіокерованого мобільного робота та впровадженням комп'ютеризованої системи управління.

Визначення величини проектних капітальних витрат проводиться за формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{пз}} \quad (5.1)$$

де $K_{\text{об}}$ – вартість придбання електрообладнання;

$Z_{\text{тр}}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ – витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{пз}}$ – витрати на програмне забезпечення.

Вартість комплектуючих деталей наведена в таблиці 5.1.

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Вартість комплектуючих системи

№ п/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Посилання на сайти, де були замовлені комплектуючі	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1.	Мотор-редуктор Arduino DC Motor	https://goo.su/37hM	2	27	53
2	Комплект мікрокомп'ютера Raspberry Pi Zero W №4 з камерою	https://goo.su/37hV	1	1 133	1 133
3	Драйвер L298N-Mini	https://goo.su/37hY	1	11	11
4	Акумулятор INR18650 33E	https://goo.su/37I1	2	113	226
5	Модуль підвищення напруги MT3608	https://goo.su/37Is	2	24	48
6	Зарядний модуль акумулятора TP4056	https://goo.su/37J	1	7	7
7	Модуль контролю заряду акумуляторної батареї ADS1115	https://goo.su/37j6	1	44	44
Разом					1522

Транспортно-заготівельні і складські витрати вказані на сайтах, на яких були замовлені комплектуючі.

Двигуни – 78 грн

Посилання: <https://goo.su/37hM>

Мікрокомп'ютер – 27 грн

Посилання: <https://goo.su/37hY>

Драйвер – 27 грн

					Арк.
					53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Посилання: <https://goo.su/37hY>

Акумулятори – 11 грн

Посилання: <https://goo.su/37I1>

Модуль підвищення напруги – 16 грн

Посилання: <https://goo.su/37Is>

Зарядний модуль – 8 грн

Посилання: <https://goo.su/37J>

Модуль контролю заряду – 20 грн

Посилання: <https://goo.su/37j6>

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$$Z_{\text{тр}} = 187 \text{ грн}$$

Витрати на монтажні роботи (Z_m) можна визначити наступним чином:

$$Z_m = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{cm} \times K_{np} \quad (5.2)$$

де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання монтажних робіт, чол.;

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

K_{np} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

В нашому випадку достатньо буде одного електромонтера, якому знадобиться 5 годин, $C_i=1$ чол., $t_i = 5$ год.

Бухгалтерія НТУ “ДП” надла інформацію, що тарифна ставка електромонтера дорівнює 35 грн (електромонтер 3-го розряду), $a_i = 35$ грн.

Коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок $K_{cm} = 1.22$

						Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_M = (1 \times 35 \times 5) \times 1 \times 1.22 \times 1 \quad (5.3)$$

Отже, витрати на монтажні роботи будуть складати

$$Z_M = 214 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

5.2.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується за формулою:

$$t = t_0 + t_u + t_a + t_n + t_{от} + t_g \quad (5.4)$$

де t_0 - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_u - витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;

t_a - витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;

t_n - витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;

$t_{от}$ - витрати праці на налаштування програм на ЕОМ;

t_g - витрати праці на підготовку документації по завданню.

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні.

Умовна кількість операторів у програмі:

$$Q = q \times c(1 + p), \quad (5.5)$$

де q – кількість операторів, які у програмі, приймаємо $q = 42$ (виходячи з ПЗ на мові Matlab);

c – коефіцієнт складності програми;

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки.

Коефіцієнт складності c програми визначає відносну складність програми по відношенню до типового завданням, складність якого відповідає 1.

Приймається $c=1,25$

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт коригування програми p визначає збільшення обсягу робіт за рахунок внесення змін в алгоритм або програму в результаті уточнення постановки завдання. Величина p приймається рівною 0,1.

Таким чином, кількість операторів для програми, описаної в дипломному проекті:

$$Q = 42 * 1.25(1 + 0.1) = 58$$

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в даному дипломному проекті складають 30 люд.-годин.

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста за формулою:

$$t_u = \frac{Q * B}{(75..85) * k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.6)$$

де B - коефіцієнт збільшення витрат праці приймаємо $B = 1,5$;

k - коефіцієнт кваліфікації програміста, які визначається залежно від стажу роботи за спеціальністю.

У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації програміста становить $k=1,2$.

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_u = \frac{57.75 * 1.5}{75 * 1.2} = 0.96 \text{ люд.-годин.}$$

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання визначаються за формулою:

$$t_a = \frac{Q}{(20..25) * k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.7)$$

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_a = \frac{57.75}{20 * 1.2} = 2 \text{ люд.-годин.}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі алгоритму визначаються за формулою:

$$t_n = \frac{Q}{(20..25) * k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.8)$$

Для розроблювального програмного продукту:

$$t_n = \frac{57.75}{20 * 1.2} = 2 \text{ люд.-годин.}$$

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ розраховуються за

					Арк.
					56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

формулою:

$$t_{\text{нал}} = \frac{Q}{(4..5)*k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.9)$$

Для конкретного програмного продукту:

$$t_{\text{нал}} = \frac{57.75}{5*1.2} = 10 \text{ люд.-годин.}$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються за формулою:

$$t_{\text{д}} = t_{\text{др}} + t_{\text{до}}, \text{ люд.-годин} \quad (5.10)$$

Де $t_{\text{др}}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{\text{до}}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

$$t_{\text{др}} = \frac{Q}{(15..20)*k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.11)$$

$$t_{\text{др}} = \frac{57.75}{18*1.2} = 3 \text{ люд.-годин.}$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 * t_{\text{др}}, \text{ люд.-год} \quad (5.12)$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 * 2,67 = 2 \text{ люд.-год}$$

Для програмного забезпечення, що розроблено в кваліфікаційній роботі:

$$t_{\text{д}} = 3 + 2 = 5 \text{ люд.-год}$$

Трудомісткість розробки програмного забезпечення становитиме:

$$t = 30 + 1 + 2 + 2 + 10 + 5 = 50 \text{ людино-годин.}$$

5.2.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту

Витрати на розробку програмного продукту включають витрати на заробітну плату розробника програми $Z_{\text{зп}}$ і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ $Z_{\text{мі}}$

$$K_{\text{пз}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{мі}}, \text{ грн} \quad (5.13)$$

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

$$Z_{\text{зп}} = t * C_{\text{пр}}, \text{ грн} \quad (5.14)$$

де t - загальна трудомісткість обробки програмного забезпечення;

Бухгалтерія НТУ “ДП” надала інформацію, що $C_{\text{пр}}$ - середня годинна тарифна ставка програміста становить:

					Арк.
					57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$C_{\text{пр}} = 51,80 \text{ грн/год.}$$

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення дорівнює:

$$Z_{\text{зп}} = 50 * 51.80 = 2590 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$Z_{\text{мч}} = t_{\text{нал}} * C_{\text{мч}}, \text{ грн.} \quad (5.15)$$

де $t_{\text{нал}}$ – трудомісткість налагодження програми на ЕОМ, людино-годин;

$C_{\text{мч}}$ - вартість машино-години ЕОМ, грн. / год. $C_{\text{мч}} =$

5 грн/год.

$$Z_{\text{мч}} = 10 * 5 = 50 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи управління становитимуть:

$$K_{\text{пз}} = 2590 + 50 = 2640 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k * F_p}, \text{ міс.} \quad (5.16)$$

де B_k - кількість розробників, так як програма в дипломному проекті розроблялася однією людиною, то $B_k = 1$;

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ годин).

Визначаємо тривалість розробки ПЗ:

$$T = \frac{50 * 31}{1 * 176} = 9 \text{ днів}$$

Розрахувавши всі показники, використовуємо формулу 5.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 1522 + 187 + 214 + 2640 = 4563 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні витрати на експлуатацію та обслуговування робота розраховуються:

$$C = C_a + C_{\text{пр}} + C_e, \text{ грн.}$$

Де:

C_a - амортизаційні відрахування.

$C_{\text{пр}}$ - витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт.

C_e - вартість витрат електроенергії.

					Арк.
					58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

5.3.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Термін корисного використання комп'ютерної техніки та приладів автоматизації (у даному випадку мобільний робот) становить 2 роки.

$$\Phi_a = \Phi_n - Л, \quad (5.17)$$

де Φ_n – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

$Л$ – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю, тому

$$\Phi_a = 1518.95 \text{ грн,}$$

$$K_{пр} = C_{придб} + В_{дост} + В_{монтс} + В_{пз} = 4563 \text{ грн,}$$

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$N_a = \frac{\Phi_n - Л}{\Phi_n T_n} \cdot 100, \% , \quad (5.18)$$

де T_n – термін корисного використання (амортизаційний період).

$$N_a = \frac{4563 - 0}{4563 \cdot 2} \cdot 100 = 50\% ,$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_n \cdot N_a}{100} \quad (5.19)$$

$$AO = 4563 \cdot 0.5 = 2282 \text{ грн.}$$

№ п/п	Найменування	Капітальні інвестиції, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
	2	3	4	5
	<i>Проектний варіант</i>	4563	50	2282

					Арк.
					59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

5.3.2. Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт

В якості обслуговування даного робота, лаборант повинен раз у два дні підзаряджати акумуляторну батарею робота. На це йому потрібно 30 хвилин робочого часу. Згідно з даними бухгалтерії університету, тарифна ставка лаборанта дорівнює 30 грн, тому

$$C_{\text{пр}} = t_{\text{р}} * C_{\text{лб}}$$

Де $t_{\text{р}}$ – затрачений лаборантом час за рік

$$C_{\text{пр}} = 60 * 30 = 180 \text{ грн.}$$

5.3.3. Розрахунок вартості витрат електроенергії

Вартість втрат електроенергії об'єктом проектування протягом року визначається за формулою:

$$C_e = W_p \cdot C_e, \text{ грн.}, \quad (5.20)$$

де W_p – річні втрати електроенергії, кВт·годин;

C_e – тариф на електроенергію, грн./кВт·годин.

Витрачена річна електроенергія визначається за формулою:

$$W_p = \frac{V_6 \times U_6 \times Q_{\text{ц}}}{K_3 \times 1000}, \text{ кВт·годин} \quad (5.21)$$

де V_6 – ємність акумуляторної батареї, А·годин

U_6 – номінальна напруга акумуляторної батареї, В

$Q_{\text{ц}}$ – кількість циклів заряд-розряд за рік

K_3 – коефіцієнт корисної дії зарядного пристрою

$$W_p = \frac{6 \times 3.6 \times 124}{0.75 \times 1000} = 3.57, \text{ кВт·годин}$$

$$W_p = 3.57 \text{ кВт·годин}$$

Тариф на електроенергію в лабораторії університету становить:

$$C_e = 2 \text{ грн./кВт·годин}$$

$$C_e = 3.57 \cdot 2 = 8, \text{ грн.}$$

					Арк.
					60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Отже, річні витрати на експлуатацію та обслуговування робота дорівнюють:

$$C = 2282 + 180 + 8 = 2470 \text{ грн.}$$

5.4. Визначення економії від впровадження розробленого робота

Для виконання поставлених задач та досліджень у сфері навігації роботів у лабораторії робототехніки, університету знадобився мобільний робот. Задля економії виділених на дослідження коштів, було вирішено спроектувати та зібрати саморобного робота, замість того щоб купувати готове рішення.

Для підрахунку зекономлених коштів порівнюємо ціну готового робота від компанії RoboMaster з капітальними витратами спроектованого робота.

На момент розрахунків 22.09.2020 ціна роботу RoboMaster S1, на офіційному сайті компанії RoboMaster, становить 14 423 грн

Посилання - <https://goo.su/37m3>

Для визначення економії на придбанні роботу, скористаємось формулою:

$$E_k = C_{gr} - C_{sp}, \text{ грн.} \quad (5.22)$$

Де C_{gr} - ціна готового роботу

C_{sp} - ціна спроектованого роботу

$$E_k = 14\,423 - 4563 = 9860, \text{ грн.}$$

Річні витрати на експлуатацію та обслуговування робота RoboMaster S1 розраховуються:

$$C_1 = C_{a1} + C_{np1} + C_{e1}, \text{ грн.}$$

					Арк.
					61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Де:

C_{a1} - амортизаційні відрахування.

$C_{пр1}$ - витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт.

C_{e1} - вартість витрат електроенергії.

$$C_{a1} = 14423 \cdot 0.5 = 7212 \text{ грн.}$$

$$C_{пр1} = 60 * 30 = 180 \text{ грн.}$$

$$W_p = \frac{10 \times 3.6 \times 124}{0.75 \times 1000} = 5.95 \text{ ,кВт}\cdot\text{годин}$$

$$W_p = 5.95 \text{ кВт}\cdot\text{годин}$$

$$C_{e1} = 5.95 \cdot 2 = 12 \text{ ,грн.}$$

$$C_1 = 7212 + 180 + 12 = 7404 \text{ ,грн.}$$

Економія річних витрат на експлуатацію:

$$E_{ke} = C_1 - C \text{ грн.} \quad (5.23)$$

$$E_{ke} = 7404 - 2470 = 4934 \text{ грн.}$$

Порівняльна таблиця витрат на придбання та експлуатацію

Таблиця 4.4

	RoboMaster S1	Розроблений мобільний робот
Витрати на придбання, грн	14423	4563
Витрати на експлуатацію, грн	7404	2470

Результати техніко-економічного обґрунтування ефективності впровадження результатів кваліфікаційної роботи оформлені у таблиці 4.5.

					Арк.
					62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Порівняльна оцінка техніко-економічних показників

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Проектний варіант
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	грн.	4563
2	Експлуатаційні витрати всього	грн.	2470
	у тому числі:		
	* амортизаційні відрахування	грн.	2282
	* технічне обслуговування та поточний ремонт	грн.	180
	* вартість споживаної електроенергії	грн.	8
3	Економія на придбанні	грн.	9860
4	Економія річних витрат на експлуатацію	грн.	4934

Висновок.

При розробці фізичної моделі мобільного робота, та системи управління ним, в якості платформи для лабораторних робіт, та досліджень у сфері навігації, стали капітальні витрати 4563 грн, у тому числі капітальні витрати на збірку робота та обладнання системи управління 1522 грн та капітальні витрати на розробку моделі системи управління 2640 грн.

Розроблена мобільна платформа задовольняє усім потребам для проведення дослідів, експериментів та лабораторних робіт, а система управління забезпечує підвищення якості управління. Доведена економічна доцільність використання спроектованого роботу в умовах лабораторії університету.

					Арк.
					63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі була розроблена роботизована платформа на базі одноплатного комп'ютера з FPV радіокеруванням, а саме: проведений аналіз та підбір електроприводів, драйверів до них, одноплатного комп'ютера з модулем камери. Здійснено моделювання корпусу робота, та налаштовано FPV радіокерування.

Була розрахована математична модель системи. На базі цих розрахунків створена модель робота.

У розділі економіки шляхом розрахунків встановлена доцільність обраної техніки.

Аналізуючи все вищезазначене можна сказати, що в дипломі була доведена доцільність використання розглянутої моделі мобільної роботизованої платформи.

						Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Richard Crowder, Electric Drives and Electromechanical Systems, 2005.
2. Liuping Wang, PID and Predictive Control of Electrical Drives, 2007.
3. Jorge Angeles, Fundamentals of Robotic Mechanical Systems - robots robotics, 2005.
4. Aaron Martinez, Enrique Fernandez, Learning ROS for Robotics Programming, 2013.
5. Ulrich Nehmzow, Mobile Robotics: A Practical Introduction, 2004
6. Gerald Cook, Mobile Robots: Navigation, Control and Remote Sensing, 2011
7. Position and Orientation Control of a Two-Wheeled Differentially Driven Nonholonomic Mobile Robot. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.dca.ufrn.br/~adelardo/artigos/ICINCO04a.pdf>
8. Krzysztof Kozlowski, Dariusz Pazderski. Practical Stabilization of a Skidsteering Mobile Robot - A Kinematic-based Approach. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/224673512_Practical_Stabilization_of_a_Skid-steering_Mobile_Robot_-_A_Kinematic-based_Approach

						Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67