

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

 **В. М. Рябенський**
д.т.н., професор

« 19 » червня 2026 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Розробка системи автономної навігації для роботизованих
мобільних платформ з використанням інфрачервоних датчиків**

Виконав: студент

4321 групи

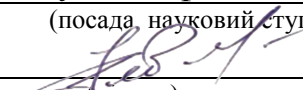
О. В. Баранов


(підпис)

Керівник роботи:

завідувач каф. ПЕЕТ, д.т.н., професор

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

 **В. М. Рябенський**

(підпис)

м. Миколаїв – 2026 року

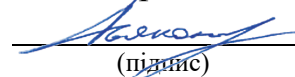
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра	програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій
Спеціальність	171 «Електроніка»
Освітня програма	Електронні системи

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 О. С. Дьяконов
(підпис)

« 20 » березня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» (освітньо-кваліфікаційний рівень)

Студенту Баранову Олексію Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автономної навігації для роботизованих мобільних платформ з використанням інфрачервоних датчиків

керівник роботи Рябенський Володимир Михайлович,
завідувач каф. ПЕЕТ, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора №286-УЧ від 22 квітня 2026 р..

2. Термін подання роботи: «09» червня 2026 року

3. Вихідні дані по роботі: Шасі мобільного робота складається з чотирьох роликонесучих коліс, розташованих під кутом 90 градусів. На борту робота розташовано три інфрачервоних датчики, ультразвуковий датчик, елементи індикації, п'єзовипромінювач, радіомодем. Мотор-редуктори 1:100. Напруга живлення 5В. Діаметр коліс 40 мм.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) Аналітичний огляд систем керування рухом роботів та проблем навігації мобільних роботизованих платформ; Проектування та моделювання апаратної частини системи навігації; Програмна реалізація алгоритмів керування мобільною платформою; Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів: Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Структурна схема мікропроцесорної системи керування мобільним роботом.
Принципова схема системи автономної навігації. Друкована схема системи керування.
Приклади розташування платформи над лінією та сигнали з датчиків. Граф станів цифрового автомату, що описує роботу системи керування. Архітектура програмних засобів системи керування мобільним роботом. Результати монтажних робіт по виготовленню автономної системи навігації для мобільних платформ. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Тубальцев А. М., доцент каф екології та природоохоронних технологій		

7. Дата видачі завдання «23» квітня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір теми	Не пізніше 20 березня 2026	виконано
2.	Визначення мети, завдань, об'єкта та предмета дослідження	Березень 2026	виконано
3.	Підбір і опрацювання списку використаних джерел	Березень – квітень 2026	виконано
4.	Виконання кваліфікаційної роботи	Квітень – травень 2026	виконано
	Вступ	30 квітня	виконано
	Розділ 1	11 травня	виконано
	Розділ 2	18 травня	виконано
	Розділ 3	25 травня	виконано
	Розділ 4	5 червня	виконано
	Висновки	5 червня	виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи	Не пізніше 8 червня 2026	виконано
6.	Підготовка доповіді і презентації	Не пізніше 16 червня 2026	виконано
7.	Підготовка до захисту	Травень – червень 2026	виконано
	Оформлення авторського договору та заяв	Травень 2026	виконано
	Передача роботи для перевірки на плагіат	Не пізніше 9 червня 2026	виконано
	Отримання відгуку наукового керівника	Не пізніше 16 червня 2026	виконано
	Попередній захист	Не пізніше 16 червня 2026	виконано
	Отримання рецензії	Не пізніше 18 червня 2026	виконано
	Отримання допуску до захисту (підпис завідуючого кафедри)	Не пізніше 22 червня 2026	виконано
8.	Захист кваліфікаційної роботи	23-24 червня 2026	виконано

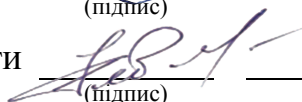
Студент


(підпис)

О. В. Баранов

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

В. М. Рябенський

(прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, двох додатків та переліку використаної літератури, представлена на 98 сторінках, містить 33 рисунки та дві таблиці.

В роботі проводиться розробка мікропроцесорної системи керування рухом мобільного робота вздовж заданої траєкторії з можливістю керування по радіоканалу. Проведено аналіз існуючих типів ролеконесучих колес та платформ, розроблено структурну, принципову та друковану схеми системи керування, виконано розрахунок елементів системи. Розроблено алгоритми та написане відповідне програмне забезпечення для мікроконтролера та планшетного комп'ютера.

У рамках кваліфікаційної роботи розглянуті питання охорони праці.

Ключові слова: роботи, роботизована платформа, мікропроцесор, система керування, траєкторія руху, програмне забезпечення.

Abstract

The qualification work consists of an introduction, four chapters, two appendices and a list of references, is presented on 98 pages and contains 33 figures and two tables.

The work involves the development of a microprocessor-based system for controlling the movement of a mobile robot along a given trajectory with the ability to control via radio. An analysis of existing types of roller-bearing wheels and platforms has been carried out, a structural, schematic and printed circuit board of the control system has been developed, and the calculation of system elements has been performed. Algorithms have been developed and the appropriate software for a microcontroller and a tablet computer has been written.

As part of the qualification work, labor protection issues have been considered.

Keywords: robots, robotic platform, microprocessor, control system, motion trajectory, software.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів..	6
Вступ.....	7
Розділ 1. Аналітичний огляд систем керування рухом роботів та проблем навігації мобільних роботизованих платформ	10
1.1. Галузі застосування мобільних платформ	10
1.2. Функціональна схема системи керування мобільною платформою	11
1.3. Структури мобільних платформ з роликонесучими колесами	12
1.4. Проблеми навігації мобільних роботів.....	15
1.5. Огляд апаратних засобів систем машинного зору	18
1.6. Огляд двигунів постійного струму та мотор-редукторів, що використовуються в робототехніці.....	23
1.7. Кінематична модель та рівняння динаміки руху робота	30
Розділ 2. Проектування та моделювання апаратної частини системи навігації	34
2.1. Формулювання вимог до мікропроцесорної системи керування ..	34
2.2. Розробка структурної схеми системи керування.....	35
2.3. Розробка принципової схеми та розрахунок елементів.....	37
2.4. Розробка друкованої та монтажної схеми системи.....	40
2.5. Моделювання роботи мікропроцесорної системи керування.....	43
2.6. Розрахунок надійності системи.....	45
Розділ 3. Програмна реалізація алгоритмів керування мобільною платформою	49
3.1. Вимоги до програмних засобів автономної навігації	49
3.2. Розробка алгоритму опитування інфрачервоних датчиків.....	52
3.3. Розробка цифрового автомату керування електродвигунами.....	56
3.4. Розробка протоколу та алгоритму передачі даних по радіомережі	59
3.5. Розробка інтерфейсу програмних засобів для керування мобільним роботом	61

Розділ 4. Охорона праці.....	70
4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів на робочому місці оператора при розробці системи керування рухом робота	71
4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпеки при роботі з автономними системами навігації	77
4.3. Перша допомога при електротравмах	77
Висновки	80
Список використаних джерел	81
Додаток А.....	82
Перелік елементів	82
Додаток Б	83
Текст програми для мікроконтролера.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач.

ДН – датчик напруги.

ДС – датчик струму.

ДЗС – драйвер засобів сигналізації.

ДІР – драйвер інтерфейсу руху.

ДРІ – драйвер радіо інтерфейсу.

ЕРС – електрорушійна сила.

ІС – інтегральні схеми.

МК – мікроконтролер.

МП – мікропроцесор.

МР – мобільний робот.

НС – надзвичайні ситуації.

ОЕ – об'єкт економіки.

САПР – система автоматизації проектування.

ПК – персональний комп'ютер.

ПР – планування руху.

					171.4321.КР.ПЗ.Скорочення	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВСТУП

Розвиток електроніки відкрив для людства нові можливості, деякі розділи цієї науки, такі як мікроелектроніка та наноелектроніка, які обрали напрямком розвитку створення електричних схем з високою продуктивністю і невеликими розмірами, малим споживанням енергії та високою частотою роботи. Це дозволило зменшити розміри процесорів та мікроконтролерів, логічні схеми та запам'ятовуючі пристрої, зменшити їх енергоспоживання та збільшити їх можливості к оперуванню великими об'ємами інформації. Ці можливості поклали початок розвитку такої галузі промисловості як робототехніка, яка в свою чергу, на думку багатьох вчених, відкриє для людства нові можливості.

В даний час промислові роботи використовуються в галузях машинобудування, приладобудування, а також інших галузях де необхідна висока точність та продуктивність праці. Мобільні роботи знаходять все більш широке застосування для виконання різних завдань в умовах, коли присутність людини в зоні їх роботи неможлива з міркувань безпеки або небажана через обмеження продуктивності обслуговуваного технологічного обладнання.

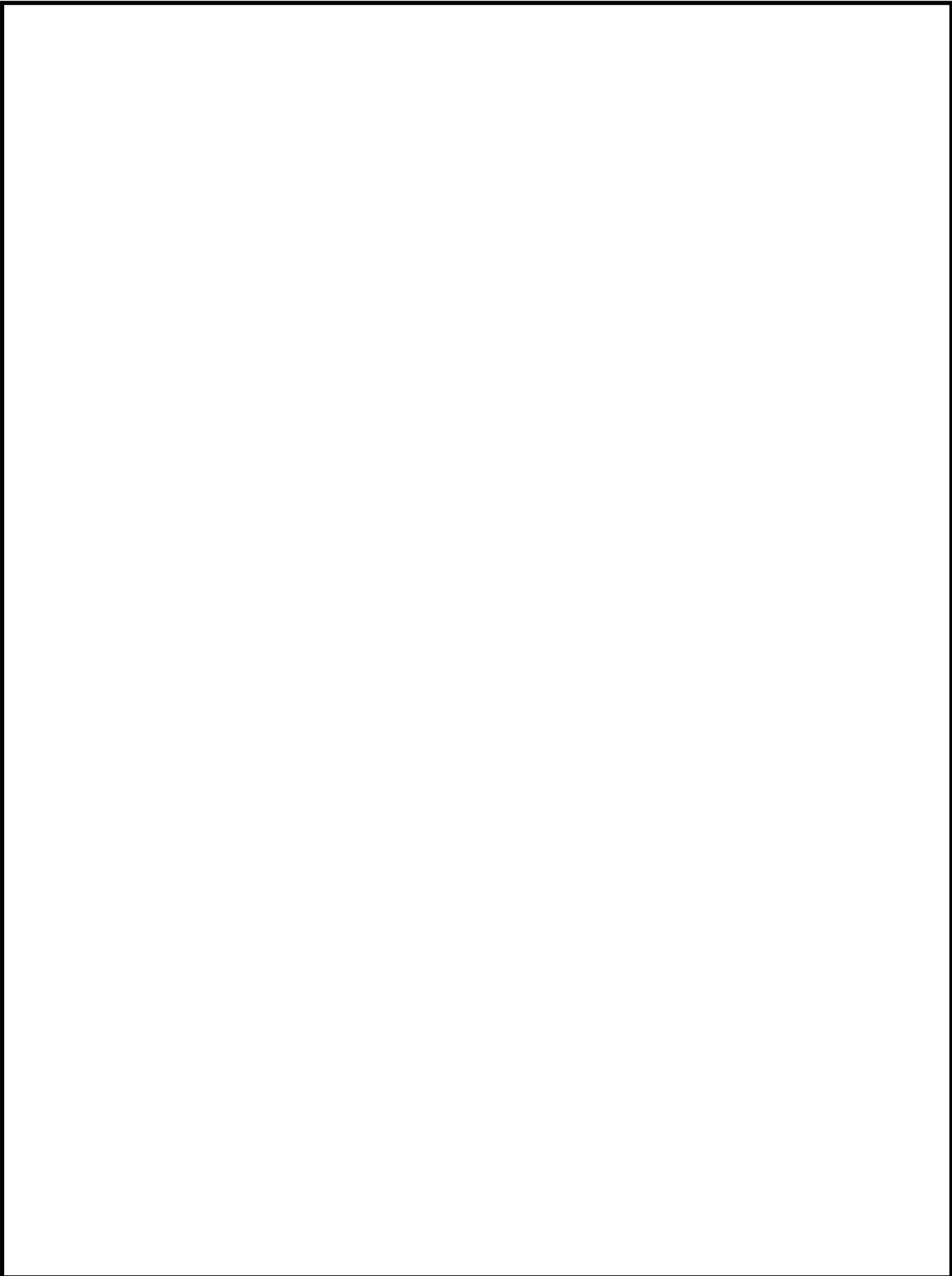
З огляду на свою оперативність мобільні роботи широко використовуються практично у всіх сферах життєдіяльності людини, особливо у воєнній та промисловій галузях.

Рішення про те, як і що повинен виконувати робот, тобто планування переміщень мобільного робота є найважливішою проблемою функціонування автономних робототехнічних систем. З точки зору управляючих систем виникає проблема реального часу, яка полягає в тому, що обчислювальна техніка не встигає впоратись із поставленими задачами и стримує темп рухів робота. Цю проблему вирішує правильно поставлена задача і правильно написаний програмний код.

					171.4321.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Завдання для дипломного проектування полягає в розробці автоматизованого мобільного робота, який включає в себе виконуючу систему та систему керування, вибір компонентів цих систем.

					171.4321.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



					171.4321.КР.ПЗ.Р1			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Баранов О. В.			Аналітичний огляд систем керування рухом роботів та проблем навігації мобільних роботизованих платформ	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							9	24
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Рябенський В. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ РОБОТІВ ТА ПРОБЛЕМ НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ

1.1. Галузі застосування мобільних платформ

В останні роки відбувається роботизація всіх сфер людської життєдіяльності. Діапазон використання мобільних платформ дуже великий:

- Роботи витісняють людину на виробництві. Повна автоматизація багатьох процесів мінімізує участь людей у виробництві і зводиться до прийняття важливих рішень та усунення неполадок у обладнанні.

- Мобільні платформи використовуються при дослідженні космічного простору і океанічних глибин.

- За допомогою роботів проводяться найскладніші хірургічні операції на мозку та серці. Розроблені спеціальні роботизовані протези кінцівок і деяких внутрішніх органів.

- Військова техніка стає все більш розумною ті самостійною – керування рухом, контроль за ситуацією, прицілювання і ураження цілі виконує машина.

Процес роботизації торкнув таку специфічну галузь як забезпечення суспільної безпеки: майже 20 років в арсеналі спецслужб та поліцейських підрозділів знаходяться мобільні платформи і робототехнічні комплекси.

Найбільш часто мобільні платформи виконують такі функції як:

- Охорона об’єктів
- Збір інформації
- Перевезення небезпечних вантажів
- Контроль параметрів заданих об’єктів.

					171.4321.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

1.2. Функціональна схема системи керування мобільною платформою

Типова система керування мобільною платформою повинна включати в себе наступні складові частини:

- Центральний процесор (ЦП) для обробки виконуваної програми;
- Блок автономного живлення (БЖ);
- Модуль бездротового зв'язку для можливості керування платформою на відстані.
- Зовнішні датчики для вимірювання параметрів;
- Двигуни постійного струму (ДПС) для переміщення платформи;
- Драйвер керування двигунами постійного струму.
- Пристрої виводу інформації (світлодіодні індикатори, зовнішній гучномовець).

На основі цих вимог можна побудувати функціональну схему системи керування мобільною платформою.

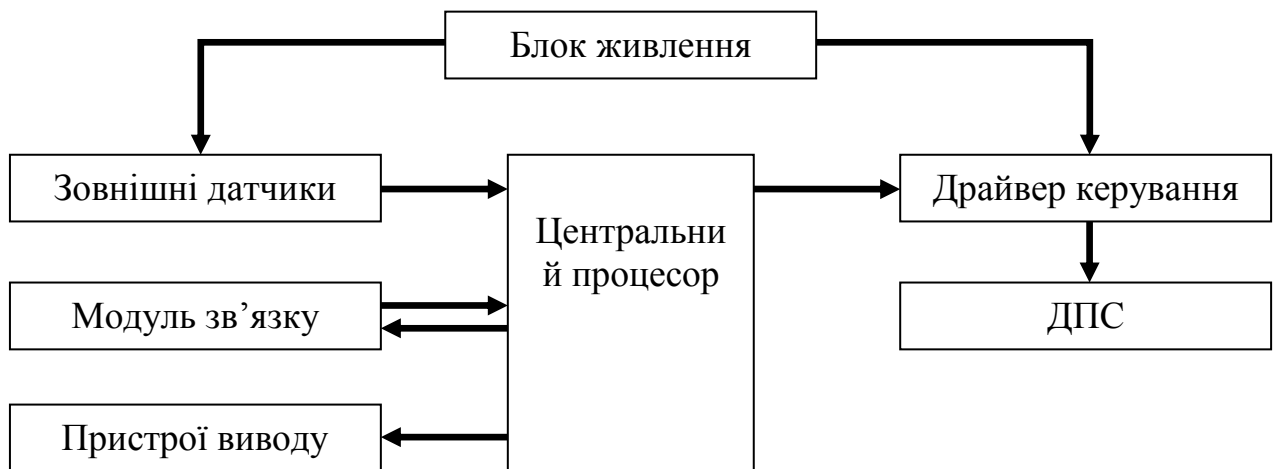


Рисунок 1.1 – Функціональна схема системи керування мобільною платформою

Стрілками вказане напрямлення передачі даних. Блок живлення підключений до всіх інших модулів за замовчуванням.

1.3. Структури мобільних платформ з роликонесучими колесами

Існує декілька видів роликонесучих коліс. Вони мають певні переваги та недоліки.

Роликонесуче колесо Ілона або шведське колесо дозволяє мобільній платформі переміщатись у будь-якому напрямку. Конструкція являє собою колесо, на якому змонтовано декілька роликів, встановлених впродовж усієї окружності колеса. Кут обертання роликів становить 45° між ними і віссю колеса. Шляхом зміни напрямку обертання роликів на окремих колесах можна змусити машину переміщатись у будь-якому напрямку – не тільки уперед-назад, направо-наліво, а й діагонально.

Конструкція роликонесучих коліс Ілона дозволяє обертатись на місці при мінімальній силі тертя і низькому обертальному моменті. Основними недоліками колеса Ілона є потреба у двигуні з високим крутним моментом для подолання сили тертя, також при використанні колеса створюється високий питомий тиск на поверхню внаслідок невеликої плями контакту із поверхнею. Платформа, що обладнана такими колесами буде мати невелику швидкість переміщення. На рис 1.2 показаний приклад колеса Ілона. На рис. 1.3 показаний приклад мобільної платформи з використанням колеса Ілона.



Рисунок 1.2 – Колесо Ілона

					171.4321.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Приклад платформи з використанням колеса Ілона

Всеспрямоване колесо або полі колесо, схоже на Колесо Ілона, є колесом з невеликими дисками по колу, перпендикулярними до напрямку обертання. Ефект полягає в тому, що колесо може приводитися в повну силу, але буде ковзати в бічному напрямку з великою легкістю. Ці колеса часто використовуються в системах голономних приводів. На відміну від колеса Ілона, все спрямоване колесо має набагато більшу площу контакту з поверхнею, а значить створює менший питомий тиск на поверхню. Зовнішній вигляд всеспрямованого колеса показаний на рис. 1.4 та рис. 1.5



Рисунок 1.4 – Всеспрямоване колесо



Рисунок 1.5 – Всеспрямоване колесо, варіант 2

На базі всеспрямованих коліс існує декілька варіантів мобільних платформ. Існує платформа на чотири опорні колеса та платформа на три опорні колеса. Платформа з трьома опорними колесами має більш просту конструкцію але меншу стійкість. Також внаслідок практично неможливого балансування навантажень на опорні точки одне з опорних коліс може зношуватись більш інтенсивно. Може використовуватись для простих моделей дослідних роботів. Зовнішній вигляд платформи показаний на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Платформа з трьома опорними колесами

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Платформа з чотирма опорними колесами має високу стійкість та рівномірне навантаження на опорні колеса. Може використовуватись в ролі дослідних моделей роботів, перевезення важких великогабаритних предметів в дуже обмежених просторах. Зовнішній вигляд показаний на рис. 1.7.

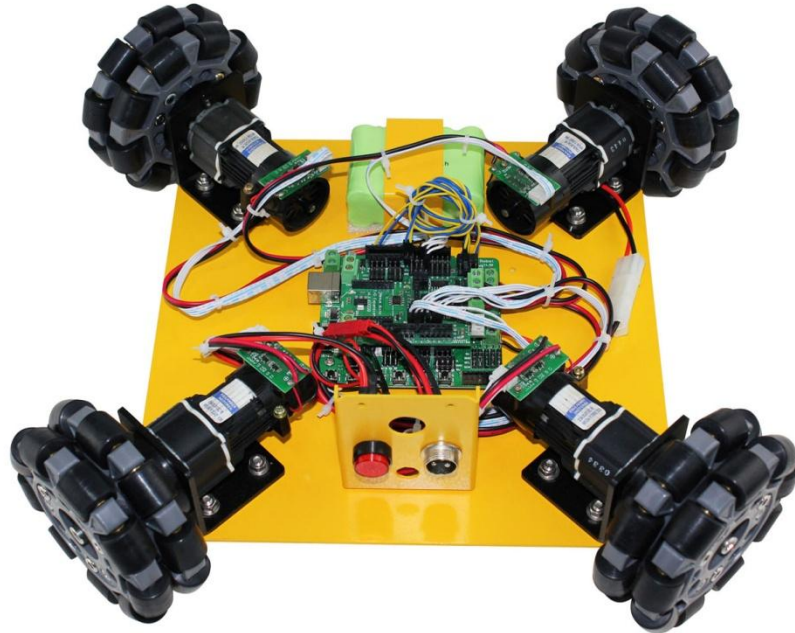


Рисунок 1.7 – Платформа з чотирма опорними колесами

Для виконання завдання з проектування мобільної платформи буде раціональним вибір платформи з все спрямованими роликонесучими колесами на чотирьох опорних точках.

1.4. Проблеми навігації мобільних роботів

Основною проблемою всіх існуючих мобільних платформ, які переміщаються самостійно, без втручання людини, залишається навігація. Для успішної навігації в просторі бортова система робота повинна вміти будувати маршрут, керувати параметрами руху (задавати кут повороту коліс та швидкість їх обертання), правильно інтерпретувати інформацію, яка отримується від датчиків, постійно відстежувати свої координати.

Комп'ютерні системи побудови маршрутів розроблені досить добре. Спочатку дані системи створювались для найпростіших віртуальних

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		15

середовищ і програма, яка моделює дії робота швидко знаходила оптимальний шлях до цілі в двомірних лабіринтах і кімнатах, що наповнені простими перепонами. Коли з'явилися досить швидкодіючі процесори, стало можливо формувати траєкторію руху на складних тривимірних картах, причому в реальному часі.

В реальних умовах експлуатації такі алгоритми малоефективні. Повноцінний робот повинен визначати свої координати та обирати напрямок руху тільки на основі показників бортових датчиків, тому системи штучного інтелекту, які створюються для автономних машин, орієнтовані на підтримку неперервного циклу «запит датчиків – прийняття рішення про зміну маршруту». Таких циклів може бути декілька – один буде відповідати за просування по основному маршруту, інший – за обхід перешкод. Крім того, на апаратному рівні кожний цикл може підтримуватись датчиками різних типів і принципів дії. Це формує потоки різного об'єму та інтенсивності.

В результаті робота починає заплутуватись в складній обстановці і на довгих маршрутах, коли треба не просто обходити дрібні перешкоди і ухилятися від небезпек на відносно прямому шляху, а планувати довгострокові дії на стратегічному рівні і виконувати ряд допоміжних завдань, які досить трудомісткі самі по собі. Тому сучасні системи навігації об'єднують механізми як низькорівневого управління, так і високорівневого планування. Проблеми, безпосередньо пов'язані з рухом на поточному короткому відрізку маршруту, вирішуються шляхом простого реагування на особливості зовнішнього середовища, а глобальна система стежить за дотриманням загального плану, модифікуючи його в разі потреби, і синхронізує роботу всіх підлеглих структур управління.

При побудові системи навігації роботів виникає чимало технічних складнощів:

1. Щоб рухатися до цілі, роботу необхідно сформувати досить точний образ навколишнього його простору.

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сьогодні це досягається переважно використанням лазерних далекомірів і ультразвукових генераторів (сонаров). Однак лазерний промінь допоможе отримати образ середовища тільки в зоні прямої видимості. Крім того, на шляху променя часто виникають дрібні перешкоди, що вносять похибку в такий спосіб. А ультразвукові датчики характеризуються великим часом відгуку (якщо робот знаходиться на великому і відкритому просторі), порядку десятих часток секунди, що не дозволяє роботів переміщатися швидко. Швидкість звуку в різних умовах також може змінюватись, впливаючи на точність оцінки відстані, в результаті в результатах запису робота спотворюється загальна картина навколишнього середовища. Створення тривимірних карт за допомогою лазерів в масштабі реального часу ще складніше і, як мінімум, вимагає істотних обчислювальних потужностей, які поки не вдається втілити в вигляді компактних бортових плат.

Перспективною ідеєю виявилось зберігання в пам'яті машини повної карти місцевості. Зазвичай вона представляється в геометричному (дуже докладно, але і дуже об'ємно) або топологічному (компактно, умовними позначеннями, але менш докладно) вигляді. Найкращий результат дають тривимірні карти, однак їх зберігання і обробка бортовою системою робота утруднені: потрібні дуже великі за сьогоdnішніми мірками обчислювальні ресурси. А найголовніше, роботу далеко не завжди вдається правильно визначити своє реальне місцезнаходження на такій карті.

Ведеться безліч дослідних робіт з навчання автономних апаратів методам самостійної побудови карт місцевості. Ця область активно фінансується військовими, зацікавленими в автоматизації процесів побудови карт будь-якої області Землі. Поки ці дослідження не мають серйозних практичних втілень в системах реального часу. Втім, перешкода до цього полягає не стільки в слабкості алгоритмів, скільки у відносно повільних бортових процесорах.

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. В ході руху робот повинен швидко і точно управляти мотором і положенням коліс.

Деякі завдання робототехніки в принципі не допускають точного рішення (це, наприклад, завдання управління крутним моментом електромотора таким чином, щоб робот неухильно дотримувався маршруту). В інших завданнях, пов'язаних з динамікою руху роботів (область теоретичної механіки), до знаходження відповіді ще дуже далеко, а пошук наближених коефіцієнтів, що визначають параметри руху, вимагає від бортового пристрою постійного рішення систем диференціальних рівнянь. Тому складності тут як технічні, так і теоретичні.

3. Робот повинен знати своє реальне місцезнаходження, а воно майже завжди відрізняється від що зберігається в бортовій системі.

Визначення своїх координат – фундаментальне завдання навігації, відповідь на яку цікавить не тільки розробникам робото технічних систем керування, а й фахівцям з безлічі інших областей - перш за все космічної, авіаційної та автомобільної.

1.5. Огляд апаратних засобів систем машинного зору

Для побудови карти маршруту та планування переміщення система керування повинна отримувати досить велику кількість даних від зовнішніх датчиків. Основними використовуваними датчиками є інфрачервоні датчики, ультразвукові датчики та датчики на основі ПЗЗ-матриць.

1.5.1. Інфрачервоні датчики

Інфрачервоний датчик руху – це електронний пристрій, здатний реагувати на зміну інтенсивності фонового теплового випромінювання в зоні його дії. Теплове випромінювання мають абсолютно будь-які об'єкти, а не тільки людина.

					171.4321.KP.ПЗ.P1	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Якщо об'єкт достатнього розміру переміщається з достатньою швидкістю, перетинаючи робочу зону такого датчика, то відбувається спрацьовування, і датчик подає сигнал на електронну схему керування. Таким пристроєм може бути як вимикач або регулятор освітленості приміщення, так і охоронна сигналізація, або що-небудь ще.

В основі конструкції інфрачервоного датчика – піроприймач, який служить для розпізнавання інфрачервоного випромінювання і мультилінза, що складається з безлічі дрібних лінз. Мультилінза зовні схожа на матовий циліндр з дрібним візерунком, нанесеним на його поверхню. Піроприймач розташований всередині корпусу датчика за мультилінзою. Чим більше сегментів містить мультилінза, тим більш чутливим буде датчик, оскільки кожна мікролінза працює зі своїм сегментом, охоплюючи власну частину обсягу робочого простору, і при переміщенні об'єкта всередині цього сегмента спрацьовування не відбудеться. Приклад такого датчику наведений на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 – Інфрачервоний датчик

1.5.2. Ультразвукові датчики

Ультразвук, звук частотою більше 16 кГц, людина не сприймає, проте, швидкість його поширення в повітряному середовищі відома, і становить 344 м / с. Маючи дані про швидкість звуку і часу його поширення, можна

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

обчислити точну відстань, яке пройшла ультразвукова хвиля. Цей принцип покладено в основу роботи ультразвукових датчиків. Вони широко застосовуються в самих різних сферах виробництва, і в деякому роді є універсальним засобом вирішення багатьох завдань автоматизації технологічних процесів. Такі датчики застосовуються для визначення віддаленості і місцезнаходження різних об'єктів.

Ультразвуковий датчик містить у своїй конструкції п'єзоелектричний перетворювач, який є і випромінювачем і приймачем. П'єзоелектричний перетворювач випромінює пакет звукових імпульсів, потім приймає луна, і перетворює сигнал в напругу, яка подається на контролер.

Ультразвукова частота знаходиться в діапазоні від 65 кГц до 400 кГц, в залежності від типу датчика, а частота проходження імпульсів - між 14 Гц і 140 Гц. Контролер обробляє дані, і обчислює відстань до об'єкта.

Активний діапазон ультразвукового датчика є робочим діапазоном виявлення. Діапазон виявлення - це те відстань, в межах якого ультразвуковий датчик може виявити об'єкт, і неважливо, наближаються чи об'єкт до чутливого елемента в осьовому напрямку або рухається поперек звукового конуса.

Розрізняють три основні режими роботи ультразвукових датчиків: оппозитний режим, дифузний режим, і рефлекторний режим.

Для оппозитного режиму характерні два окремих пристрої, передавач і приймач, які монтуються один навпроти одного. Якщо ультразвукової пучок переривається об'єктом, вихід активізується. Такий режим підходить для роботи у важких умовах, коли важлива стійкість до інтерференції. Ультразвуковий пучок тільки один раз проходить сигнальне відстань. Таке рішення відрізняється високою вартістю, оскільки потрібно монтаж двох пристроїв - передавача і приймача.

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Дифузійний режим забезпечується передавачем і приймачем, що знаходяться в одному корпусі. Вартість такого монтажу значно нижче, однак час спрацювання довше, ніж при оппозитному режимі.

Діапазон виявлення тут залежить від кута падіння на об'єкт і від властивостей поверхні об'єкта, оскільки промінь повинен відбивається від поверхні самого виявленого об'єкту.

Для рефлекторного режиму випромінювач і приймач також знаходяться в одному корпусі, однак ультразвуковий промінь тепер відбивається від рефлектора. Об'єкти в діапазоні виявлення виявляються як шляхом вимірювання змін в відстані, яке проходить ультразвуковий промінь, так і шляхом оцінки втрат на поглинання або відбиття в відбитому сигналі. Звуковбирні предмети, а також предмети з кутовими поверхнями легко виявляються при такому режимі роботи датчика. Важлива умова - не повинно змінюватися положення опорного рефлектора.

Зовнішній вигляд ультразвукового датчику наведений на рис 1.9.

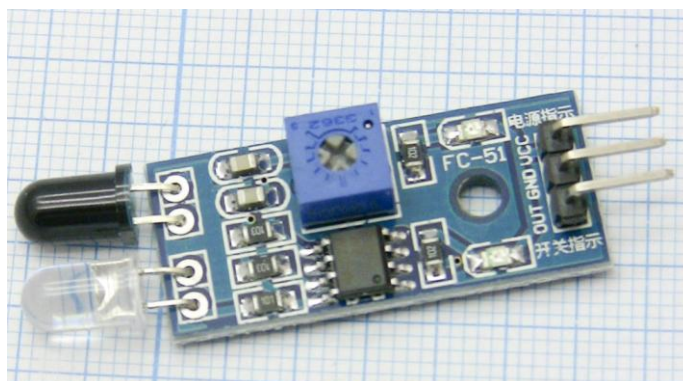


Рисунок 1.9 – Ультразвуковий датчик

1.5.3. Датчики на основі ПЗЗ-матриць

ПЗЗ-матриця (скор. Від «прилад із зарядним зв'язком»), або CCD-матриця (скор. Від англ. CCD, «charge-coupled device») – спеціалізована аналогова інтегральна мікросхема, що складається з світлочутливих фотодіодів, виконана на основі кремнію, що використовує технологію ПЗЗ – приладів із зарядним зв'язком.

					171.4321.KP.ПЗ.P1	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

ПЗЗ-матриця складається з полікремнію, відокремленого від кремнієвої підкладки, у якій при подачі напруги через полікремневі затвори змінюються електричні потенціали поблизу електродів.

До експонування зазвичай подачею певної комбінації напружень на електроди відбувається скидання всіх раніше утворених зарядів і приведення всіх елементів в ідентичний стан.

Далі комбінація напруг на електродах створює потенційну яму, в якій можуть накопичуватися електрони, що утворилися в даному пікселі матриці в результаті впливу світла при експонуванні. Чим інтенсивніший світловий потік під час експозиції, тим більше накопичується електронів в потенційній ямі, відповідно тим вище підсумковий заряд даного пікселя.

Після експонування послідовні зміни напруги на електродах формують в кожному пікселі і поруч з ним розподіл потенціалів, яке призводить до перетікання заряду в заданому напрямку, до вихідних елементів матриці.

Зовнішній вигляд ПЗЗ-матриці наведений на рис 1.10.

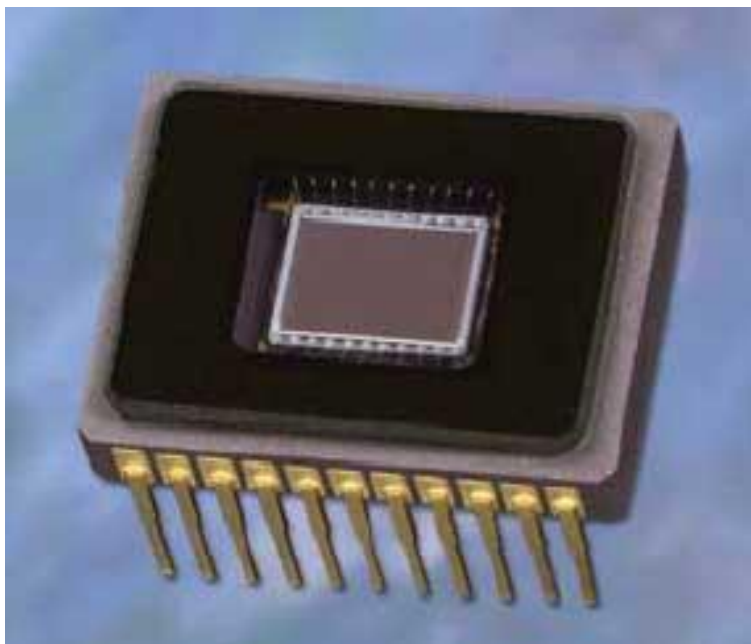


Рисунок 1.10 – ПЗЗ-матриця

1.6. Огляд двигунів постійного струму та мотор-редукторів, що використовуються в робототехніці.

1.6.1. Двигун постійного струму

Електродвигун постійного струму (ДПС) – електрична машина постійного струму, що перетворює електричну енергію постійного струму в механічну енергію.

ДПС за своєю будовою нагадує синхронний електродвигун змінного струму, різниця між ними лише в типі споживаного струму. Двигун складається з нерухомої частини - статора або індуктора, рухомої частини - якоря і щітково-колекторного вузла. Індуктор може бути виконаним у вигляді постійного магніту, якщо двигун малопотужний, але частіше він забезпечується обмоткою збудження, що має два або більше полюса. Якір складається з набору провідників (обмоток), закріплених в пазах. У простій моделі ДПТ використовувалися тільки один магніт і рамка, по якій проходив струм. Таку конструкцію можна розглядати тільки як спрощений приклад, тоді як сучасна конструкція – це вдосконалений варіант, який має більш складний пристрій і розвиває необхідну потужність. На рис 1.11 показано схематично двигун постійного струму

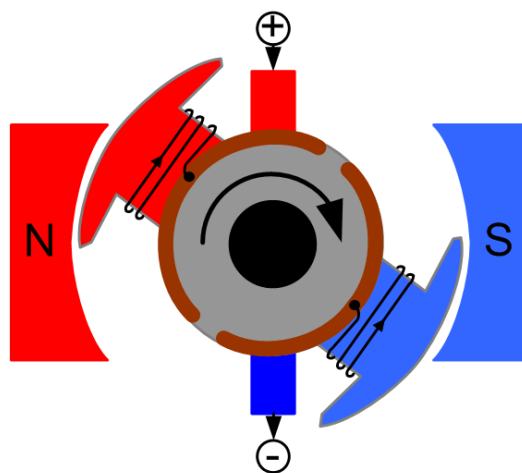


Рисунок 1.11 – Схематичне зображення ДПС

Принцип роботи ДПТ заснований на законі Ампера: якщо в магнітне поле помістити заряджену дріт'яну рамку, вона почне обертатися. Струм,

					171.4321.KP.ПЗ.P1	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

проходячи по ній, утворює навколо себе власне магнітне поле, яке при контакті з зовнішнім магнітним полем почне обертати рамку. У випадку з однією рамкою обертання триватиме, поки вона не займе нейтральне положення паралельно до зовнішнього магнітного поля. Щоб привести систему в рух, потрібно додати ще одну рамку. У сучасних ДПТ рамки замінені якорем з набором провідників. На провідники подається струм, заряджаючи їх, в результаті чого навколо якоря виникає магнітне поле, яке починає взаємодіяти з магнітним полем обмотки збудження. В результаті цієї взаємодії якір повертається на певний кут. Далі струм надходить на наступні провідники і т.д.

Для змінної зарядки провідників якоря використовуються спеціальні щітки, виконані з графіту або сплаву міді з графітом. Вони грають роль контактів, які замикають електричний ланцюг на висновки пари провідників. Всі виводи ізольовані між собою і об'єднані в колекторний вузол - кільце з декількох ламелей, що знаходиться на осі вала якоря. Під час роботи двигуна щітки-контакти по черзі замикають ламелі, що дає можливість двигуну обертатися рівномірно. Чим більше провідників має якір, тим більш рівномірно буде працювати ДПТ.

Двигуни постійного струму діляться на:

- Електродвигуни з незалежним збудженням;
- Електродвигуни з самозбудженням (паралельні, послідовні або змішані).

Схема ДПТ з незалежним збудженням передбачає підключення обмотки збудження і якоря до різних джерел живлення, так що між собою вони не пов'язані електрично.

Паралельне збудження реалізовується шляхом паралельного підключення обмоток індуктора і якоря до одного джерела живлення. Двигуни цих двох типів володіють жорсткими робочими характеристиками. У них частота обертання робочого вала не залежить від навантаження і її

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

можна регулювати. Такі двигуни знайшли застосування в верстатах зі змінним навантаженням, де важливо регулювати швидкість обертання валу

При послідовному збудженні якір і обмотка збудження підключені послідовно, тому значення електричного струму у них однакове. Такі двигуни більш зручні в роботі, мають більший діапазон регулювання швидкостей, але вимагають постійного навантаження на вал, інакше швидкість обертання може досягти критичної позначки. У них високе значення пускового моменту, що полегшує запуск, але при цьому швидкість обертання валу залежить від навантаження. Застосовуються вони на електротранспорті: в кранах, електропоїздах та міських трамваях.

Як і інші види електродвигунів, ДПС відрізняється надійністю і екологічністю. На відміну від двигунів змінного струму у нього можна регулювати швидкість обертання валу в широкому діапазоні, частоту, до того ж він відрізняється легким запуском.

Двигун постійного струму можна використовувати як власне двигун і як генератор. Також у нього можна міняти напрям обертання валу шляхом зміни напрямку струму в якорі (для всіх типів) або в обмотці збудження (для двигунів з послідовним збудженням).

Регулювання швидкості обертання досягається шляхом підключення в ланцюг змінного опору. При послідовному збудженні воно знаходиться в ланцюзі якоря і дає можливість скорочувати обороти в співвідношеннях 2: 1 і 3: 1. Такий варіант підходить для обладнання, яке має тривалі періоди простою, тому що під час роботи відбувається значне нагрівання реостата. Збільшення оборотів забезпечується підключенням реостата в ланцюг обмотки збудження.

Для двигунів з паралельним збудженням також використовуються реостати в ланцюзі якоря для зниження оборотів в межах 50% від номінальних значень. Установка опору в ланцюзі обмотки збудження дозволяє збільшувати обороти до 4 разів.

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Використання реостатів завжди пов'язане зі значними втратами тепла, тому в сучасних моделях двигунів вони замінені на електронні схеми, що дозволяють управляти швидкістю без значних втрат енергії.

ККД двигуна постійного струму залежить від його потужності. Малопотужні моделі відрізняються низькою ефективністю з ККД близько 40%, тоді як двигуни з потужністю 1000 кВт можуть мати ККД, що досягає 96%.

До основних переваг двигунів постійного струму відносяться:

- Простота конструкції;
- Легкість в управлінні;
- Можливість регулювання частоти обертання валу;
- Легкий запуск (особливо у двигунів з послідовним збудженням);
- Можливість використання в якості генераторів;
- Компактні розміри.

Недоліки:

- Мають графітові щітки, які швидко зношуються, що обмежує термін служби;
- Висока собівартість;

У мобільних роботизованих системах використовують двигуни постійного струму подібні до зображених на рис 1.12.



Рисунок 1.12 – Двигуни постійного струму для мобільних платформ

					171.4321.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зазвичай двигун постійного струму не використовується окремо від редуктора, оскільки для переміщення платформи потрібний високий крутний момент, а не частота обертання.

1.6.2. Види мотор-редукторів

Блок електродвигуна і редуктора – так званий мотор-редуктор – є електромеханічним приводом машин і механізмів. Він являє собою моноблочну конструкцію (редуктор з необхідним передавальним числом і електродвигун). На рис. 1.13 показаний зовнішній вигляд мотор-редуктора.



Рисунок 1.13 – Мотор-редуктор

Мотор-редуктори є універсальним елементом електроприводу і застосовуються в різних галузях промисловості і сільського господарства, зокрема в машинобудівній, металургійній, гірничодобувній, атомній, хімічній, деревообробній, харчовій (обладнання для виробництва та переробки продуктів харчування), легкої промисловості, в будівництві (обладнання для виробництва будматеріалів), на залізничному транспорті, в аграрному комплексі (обладнання для елеваторів, обладнання для борошномельного виробництва), тобто там, де необхідно перетворити електричну енергію в механічну.

Існує кілька видів редукторів, кожен з яких знаходить своє застосування в промисловості і сільському господарстві.

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Циліндричні редуктори - велика група редукторів, що характеризується застосовуваням в них зачепленням – циліндричними зубчастими передачами. Основними перевагами циліндричних редукторів є:

- високий ККД редуктора близько 98%;
- висока навантажувальна здатність;
- малий люфт вихідного валу;
- відсутність самогальмування;
- висока надійність.

Недоліки циліндричних редукторів:

- низьке передавальне число;
- великий рівень шуму;

Черв'ячні редуктори – представляють собою зачеплення черв'яка з черв'ячним колесом. Черв'як – це гвинт з нарізаною на ньому різьбою, за профілем близькою до трапеції. Черв'ячне колесо – косо зубне зубчасте колесо зі спеціальним профілем зубів. При обертанні черв'яка витки різьблення переміщаються уздовж його осі і штовхають у цьому напрямку зуби черв'ячного.

Основними перевагами черв'ячних редукторів є

- менші розміри порівняно з циліндричним редуктором;
- високе передавальне число;
- низький рівень шуму;
- плавність ходу передачі;
- має самогальмування.

Недоліки черв'ячних редукторів:

- малий ККД;
- високий нагрів;
- люфт вихідного валу;
- невеликий ресурс.

					171.4321.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Планетарні редуктори – зубчасті редуктори, що містять зубчасті колеса з геометричними осями, що переміщаються. Ці зубчасті колеса, звані планетарними або сателітами, рухаються подібно до планет Сонячної системи, від чого і отримали свою назву. Зубчасті колеса, з якими зчіплюються сателіти, називаються центральними. Осі сателітів закріплюються в ланці передачі, званому водилом, яке, так само як і центральне колесо, обертається навколо центральної, або основний, геометричної осі передачі.

Одне з центральних коліс планетарної передачі встановлено нерухомо. Провідним (або веденим) валом передачі служить вал рухомого центрального колеса, а веденим (або ведучим) – вал водила.

Навантаження з боку кожного центрального колеса або водила сприймаються одночасно декількома (від 3 до 6) сателітами. Внаслідок цього розміри зубчастих коліс планетарного редуктора в порівнянні з простою передачею значно менше.

Основними перевагами планетарних редукторів є:

- великі передатні числа;
- невисока маса;
- компактність.

Недоліки планетарних редукторів:

- планетарні передачі потребують високої точності виготовлення та складні у збиранні;
- при дуже високих передатних числах ККД сильно падає.

У робототехніці планетарні редуктори використовуються у силових механізмах, де потрібний високий крутний момент, черв'ячні – там де потрібна висока точність позиціонування. Циліндричні редуктори майже не використовуються окремо, в основному разом з планетарними редукторами.

					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

1.7. Кінематична модель та рівняння динаміки руху робота

Рівняння, що описують рух робота вздовж осей x і y , а також кутову швидкість, мають вигляд:

$$v_x(t) = \frac{dx(t)}{dt}, \quad v_y(t) = \frac{dy(t)}{dt}, \quad \omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

Лінійні швидкості $v_x(t)$ і $v_y(t)$ можуть бути перетворені описані в системі координат, пов'язаної з роботизованою платформою:

$$\begin{bmatrix} v(t) \\ v_n(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta(t)) & \sin(\theta(t)) & 0 \\ -\sin(\theta(t)) & \cos(\theta(t)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}$$

Для чотириколісної платформи швидкості коліс v_1, v_2, v_3, v_4 , пов'язані зі швидкістю рухом платформи наступним виразом:

$$\begin{bmatrix} v_0(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \\ v_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & d \\ -1 & 0 & d \\ 0 & -1 & d \\ 1 & 0 & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v(t) \\ v_n(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}$$

де $v(t)$ – швидкість платформи уздовж осі x , $v_n(t)$ – швидкість платформи уздовж осі y , $w(t)$ – кутова швидкість платформи.

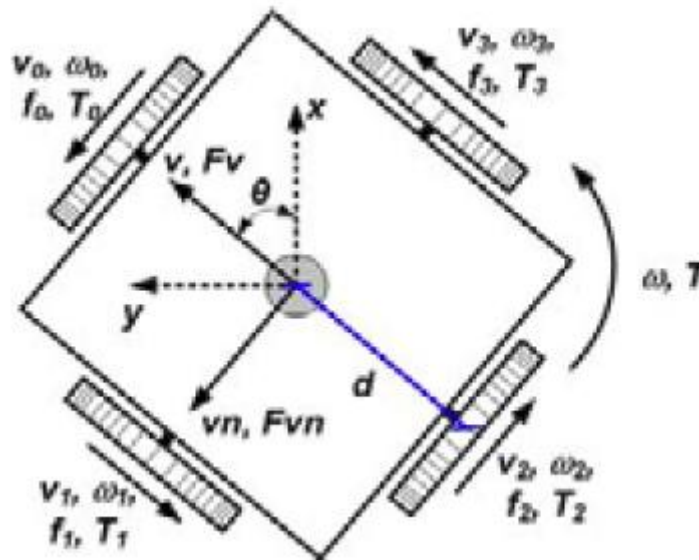


Рисунок 1.14 – Чотириколісна платформа

На рисунку позначено:

x, y, Θ – координати, що визначають положення робота, і кут повороту платформи щодо переду;

d – відстань між колесами і центром робота;

v_0, v_1, v_2, v_3 – лінійні (м / с) швидкості обертання коліс робота;

w_0, w_1, w_2, w_3 – кутові (рад / с) швидкості обертання коліс;

f_0, f_1, f_2, f_3 – сили тертя коліс об поверхню;

T_0, T_1, T_2, T_3 – момент, що розвивається моторами коліс;

v, v_n – лінійні швидкості робота;

w – кутова швидкість обертання робота;

F_v, F_{v_n} – сили тертя уздовж v і VN ;

T – момент робота по відношенню до W .

Вирішуючи задачу зворотної кінематики можна визначити швидкості руху робота вздовж осей:

$$v(t) = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (v_3(t) - v_1(t))$$

$$v_n(t) = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (v_0(t) - v_2(t))$$

$$\omega(t) = \left(\frac{1}{4 \cdot d}\right) \cdot (v_0(t) + v_1(t) + v_2(t) + v_3(t))$$

Необхідність розв'язання оберненої задачі кінематики обумовлено тим, що завдання руху проводиться в глобальній системі координат, пов'язаної з робочим простором робота, а реалізувати це можливо лише, впливаючи на координати приводів.

Висновок

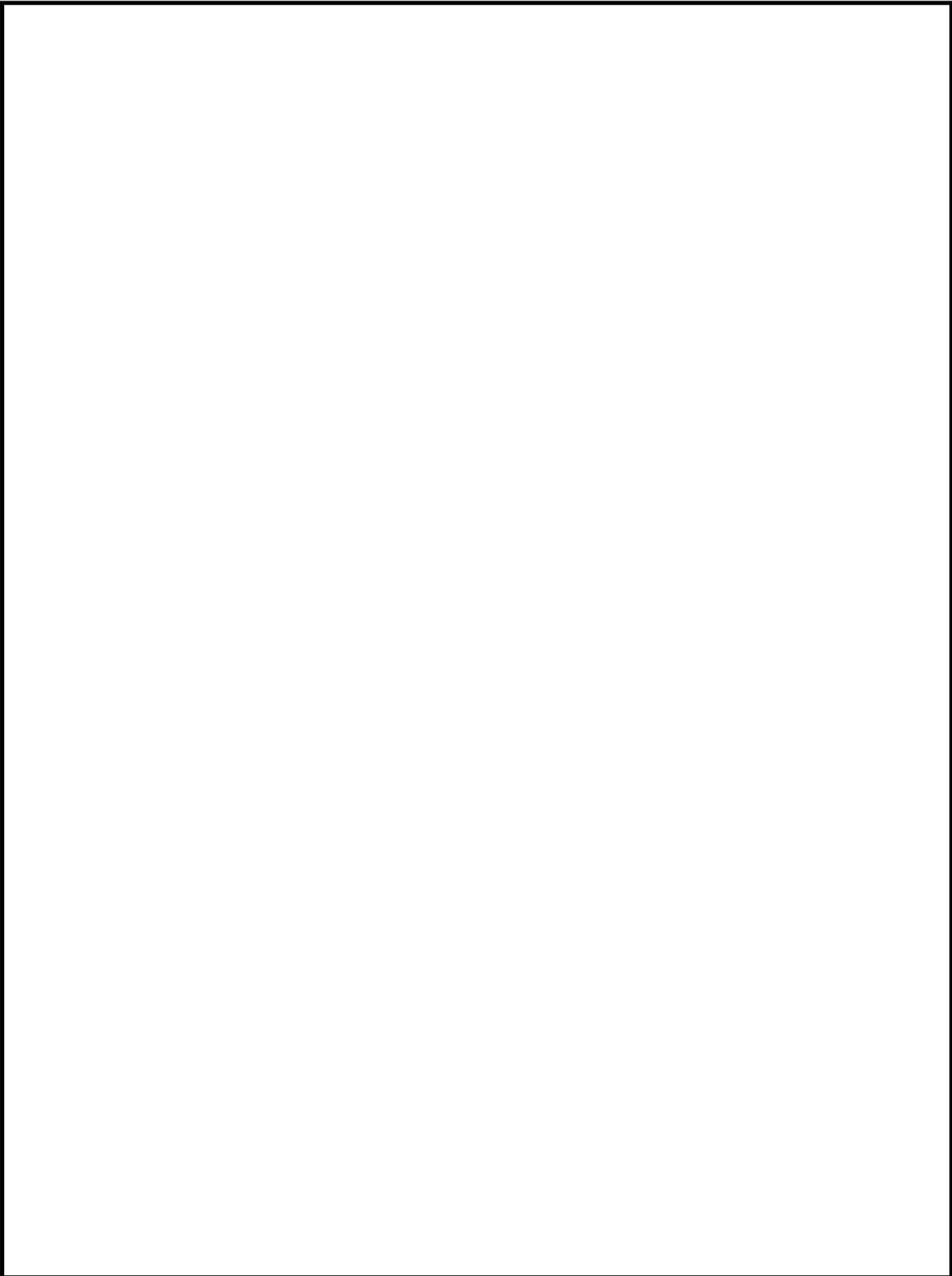
У першому розділі було виконано аналітичний огляд принципів побудови сучасних мобільних платформ. Була сформована функціональна схема платформи, розглянуті основні типи датчиків машинного зору, обраний потрібний тип опорного колеса, та спосіб розміщення роликонесучих коліс. Також був виконаний огляд особливостей двигунів

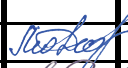
					171.4321.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

постійного струму та основних типів редукторів у мотор-редукторах, що використовуються у мобільних платформах.

Наступним кроком проектування системи є розробка структурної схеми системи автономної навігації для роботизованих мобільних платформ з використанням системного підходу, розробка принципової схеми та моделювання роботи апаратних засобів мікропроцесорної системи. Завершуючим етапом проектування апаратної частини системи є розрахунок її надійності.

					171.4321.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					171.4321.КР.ПЗ.Р2			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Баранов О. В.			Проектування та моделювання апаратної частини системи навігації	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							33	15
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Рябенський В. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ

2.1. Формулювання вимог до мікропроцесорної системи керування

Для того щоб мати змогу правильно обрати всі комплектні частини для системи потрібно своєчасно зробити аналіз потреб кінцевого користувача та сформулювати повний комплекс вимог та функцій системи керування. Окрім цього, потрібно враховувати особливості тенденцій сучасного розвитку систем керування для створення конкурентоздатного продукту. Це дозволить мінімізувати втрати у виробництві та максимально оптимізувати систему.

Діючий макет системи автономної навігації для роботизованих мобільних платформ повинний відповідати наступним вимогам:

1. Мікропроцесорна система керування повинна бути недорогою для масового виробництва.
2. Система керування повинна мати мінімум складних елементів, які можуть ускладнити процес виготовлення, наладки та використання.
3. СК повинна мати можливість модернізації, оскільки елементна база постійно покращується, з'являються нові можливості.
4. Мати високі показники по ККД, оскільки використання систем з низьким ККД не є раціональним.
5. Мати високу стійкість до зовнішніх перешкод у радіоканалі.

Основною метою роботи мікропроцесорної системи керування є переміщення платформи та корекція помилок переміщення у просторі. Тому система повинна виконувати такі функції:

1. Вимірювання сигналів з інфрачервоних датчиків.
2. Аналіз сигналів з датчиків та керування двигунами.
3. Прийом команд по Bluetooth-каналу.
4. Аналіз наявності перешкод та їх об'їзд з подальшим поверненням на траєкторію.

5. Аналіз положення системи у просторі на основі показань акселерометра та гіроскопу.
6. Інформування користувача про ключові події у системі.

2.2. Розробка структурної схеми системи керування

Наступним етапом після визначення функцій системи керування, що проектується, є розробка її структурної схеми. Структурна схема – це сукупність елементарних ланок об'єкта і зв'язків між ними, один з видів графічної моделі. Під елементарною ланкою розуміють частину об'єкта, яка реалізує елементарну функцію. В системі керування умовно можна виділити шість підсистем:

1. Набір аналогових та дискретних датчиків, за допомогою яких контролюється стан зовнішнього середовища.
2. Блок виводу інформації, що представляє собою дискретні світлодіоди та гудок (світлодіоди відображають стан виконання команд системою керування, а гудок подає сигнали при перевищенні порогової величини що отримується від зовнішніх датчиків).
3. Мікроконтролер, в якому програмно реалізована логіка роботи системи, виконується прийняття рішень щодо виконуваних дій, подальших переміщень системи, та виконується корекція помилок переміщення системи.
4. Драйвери керування двигунами постійного струму, що виконують роль зв'язуючої ланки між мікроконтролером та двигунами постійного струму.
5. Радіомодем (Bluetooth-модуль), який виконує передачу повідомлення на стільниковий телефон по команді, яка надходить з мікроконтролера (для керування радіомодемом потрібно перетворення фізичних рівнів сигналів за допомогою спеціального перетворювача).
6. Двигуни постійного струму, які потрібні для переміщення системи керування за заданим маршрутом або координатами.

					171.4321.KP.ПЗ.P2	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Структурна схема визначає основні функціональні частини пристрою, їх призначення та взаємозв'язок, і служить для загального ознайомлення з системою. На структурній схемі розкривається не принцип роботи окремих функціональних частин виробу, а тільки взаємодія між ними. Тому складові частини системи керування зображають спрощено у вигляді прямокутників довільної форми. На рис. 2.1 представлена структурна схема системи збору та обробки інформації.

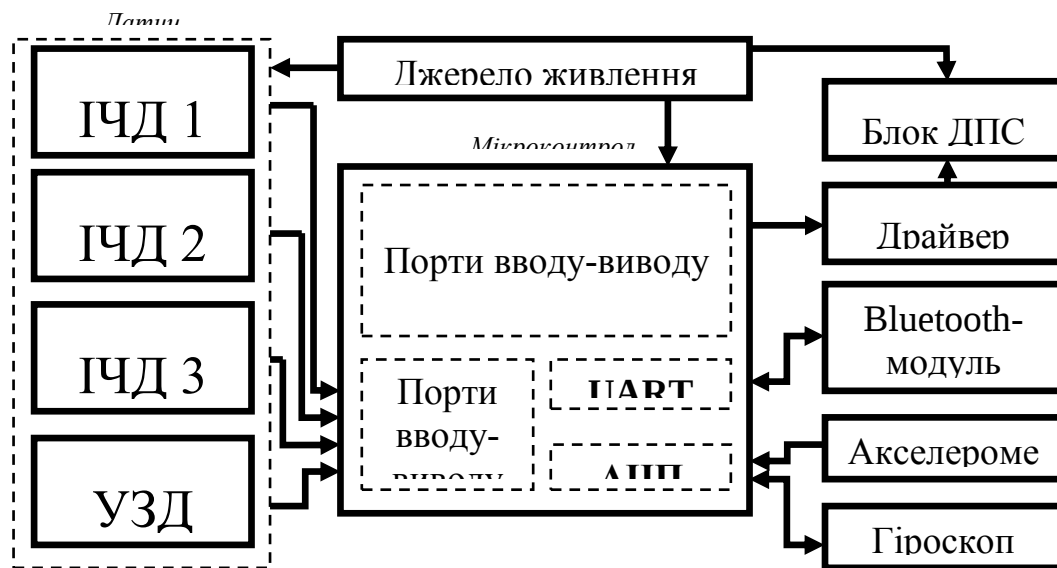


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

На рисунку використано наступні позначення: ІЧД 1 – інфрачервоний датчик лівої сторони; ІЧД 2 – центральний інфрачервоний датчик; ІЧД 3 – правий інфрачервоний датчик; УЗД – ультразвуковий датчик; Блок ДПС – блок двигунів постійного струму; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; UART – універсальний асинхронний приймач/передавач.

Метою проведення процедур збору й обробки інформації є одержання достовірної інформації про стан об'єкта і раціональна організація процесів керування, контролю, виміру з високими якісними характеристиками. Збір даних виконується за допомогою блоку датчиків.

Блок датчиків є джерелом інформації для розроблювального пристрою. Від правильної калібровки та налаштувань датчиків буде залежати правильність роботи всієї системи.

Сигнал з блоку цифрових датчиків надходить на порти вводу-виводу мікроконтролера. Мікроконтролер виконує обробку сигналів з усіх датчиків у відповідності з закладеним алгоритмом роботи системи. На основі показань датчиків відбувається вибір подальших дій для системи керування. Якщо переміщення системи можливе – на іншу групу портів вводу-виводу подається сигнал до розблокування драйверів керування двигунами постійного струму, а потім сигнал на приведення двигунів постійного струму у дію. Після цього відбувається зчитування інформації з акселерометру та гіроскопу для корекції помилок переміщення. Після корекції помилок переміщення мікроконтролер знову опитує датчики.

Наступним етапом проектування охоронно-пожежної сигналізації є розробка принципової схеми.

2.3. Розробка принципової схеми та розрахунок елементів

Принципова електрична схема – графічне зображення (модель), що служить для передачі за допомогою умовних графічних і буквено-цифрових позначень, зв'язків між елементами електричного пристрою.

Принципова схема, на відміну від розведення друкованої плати не вказує взаємного (фізичного) розташування елементів, а лише вказує на те, які виводи реальних елементів (наприклад, мікросхем) з якими з'єднуються. При цьому допускається об'єднання групи ліній зв'язку в шини, але необхідно чітко вказувати номери ліній, що входять в шину і виходять з неї. Використання спрямованих ліній зв'язку, на відміну від структурної та функціональної схем, не допускається. Зазвичай, при розробці радіоелектронного пристрою, процес створення принципової схеми є проміжною ланкою між стадіями розробки функціональної схеми і проектуванням друкованої плати.

На рис. 2.2 зображена принципова схема модуля системи керування, яку було розроблено у програмному середовищі Proteus.

					171.4321.KP.ПЗ.Р2	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

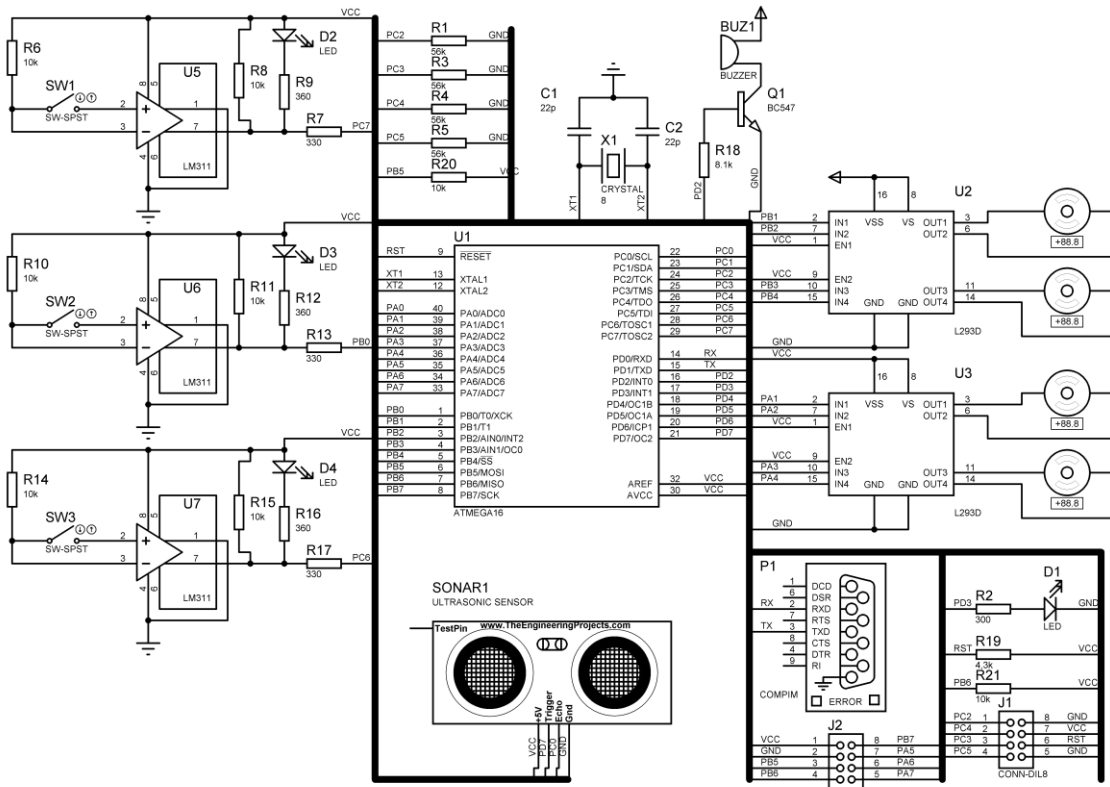


Рисунок 2.2 – Принципова схема мікропроцесорної системи керування

Для виготовлення пристрою було обрано мікроконтролер AtMega16, драйвери керування двигунами постійного струму L293D, датчик руху HC-SR04, ультразвукові датчики на основі компаратору LM311.

На схемі не показані гіроскоп та акселерометр, оскільки серед розробки не має моделей даних модулів. Виведений конектор J2, який показує потенційну можливість підключення, та нумерацію виводів.

Мережа 1-Wire представляє собою інформаційну мережу, що використовує для здійснення цифрового зв'язку одну лінію даних та один загальний провідник. Основною архітектури мереж 1-Wire є топологія загальної шини, коли кожний із пристроїв підключений безпосередньо до єдиної магістралі, без яких-небудь каскадних з'єднань або розгалужень. Конфігурацію мережі 1-Wire можна змінювати в процесі її роботи, не створюючи перешкоду подальшій експлуатації і працездатності всієї лінії в цілому. Стандартна швидкість роботи мережі 15,4 кБіт/с, була обрана, поперше, з урахуванням забезпечення максимальної надійності передачі даних

на великі відстані, і по-друге, з урахуванням швидкодії найбільш широко розповсюджених типів мікроконтролерів, які в основному повинні використовуватися при реалізації ведучих пристроїв однопровідної шини.

Сигнал з блоку датчиків надходить на порти вводу-виводу мікроконтролера. Для того, щоб на вході мікроконтролера не виникало завад, кожен вивід, до якого підключено дискретний датчик, має підтягуючий резистор до шини живлення. Завдяки цим компонентам система отримує більшу частину всієї необхідної інформації для переміщень.

Головним вузлом схеми є мікроконтролер ATmega16 – 8-розрядний високопродуктивний мікроконтролер з архітектурою AVR, з малим енергоспоживанням. Логіка керування організує взаємодію всіх вузлів процесора, перенаправляє дані, синхронізує роботу процесора із зовнішніми сигналами, а також реалізує процедури вводу і виводу інформації. Тактова частота роботи мікроконтролера складає 8 МГц. Ця частота задається зовнішнім кварцовим резонатором. У відповідності до технічної документації на мікроконтролер, кожен вивід кварцового резонатора повинен бути підключений через ємність 22 пФ до загального провідника. Також потрібно підключити вивід Reset до шини живлення через резистор опором 4,3 кОм.

Конденсатори в схемі використовуються для зменшення високочастотних завад, що виникають при експлуатації, та їх впливу на мікроконтролер.

Оскільки в схемі використовується гудок, для роботи якого потрібен струм близько 40 мА, було використано транзисторний ключ, що виконує підсилення сигналу керування. Безпосередньо до виводу мікроконтролера неможна підключити велике навантаження, адже максимальний струм виводу мікроконтролера складає близько 20 мА, а цього недостатньо для спрацювання гудка. Для індикації стану схеми використовується світлодіод зі струмообмежуючим резистором.

					171.4321.KP.ПЗ.Р2	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для підключення до системи Bluetooth-передатчику використовується інтерфейс RS232.

2.4. Розробка друкованої та монтажної схеми системи

Друкована плата в зборі з елементами є кінцевим продуктом проектування системи охоронно-пожежної сигналізації. Плата виконує роль несучої конструкції пристрою, на якій розташовуються всі елементи. Використання САПР PCAD2006 дозволяє позбавитися помилок, полегшує процес розташування елементів на платі та з'єднання між ними. Крім того, з'являється можливість виготовлення плати на автоматичному технологічному обладнанні.

Після того, як визначені розміри плати і монтаж елементів, потрібно виготовити плату. Існує багато способів виготовлення друкованих плат. Серед них є наступні: гальванохімічний метод, метод хімічного травлення фольгованого діелектрика, метод переносу схеми із запресуванням в ізоляційну основу та ін. Для виготовлення зразка системи було використано метод хімічного травлення фольгованого діелектрика. Суть метода полягає в нанесенні малюнка схеми кислотостійкою фарбою з послідовним витравленням фольги з пробільних ділянок. Цей метод забезпечує отримання чітких ліній провідників печатної плати, потребує менших трудових затрат в порівнянні з іншими методами, має високу дозволяючу здатність (до 10 ліній на 1 мм), легко піддається автоматизації. Для виробництва друкованих плат є кілька хімічних методів.

Метод 1. Розчин: 300 г/л хлорного заліза розчиняється в нагрітій до 60°C воді в скляному посуді. Розчин має темно-коричневий колір. Травлення плати краще робити у ванні із пластику. При травленні температура розчину підтримується на рівні 60°C. Травлення триває від двох до десяти хвилин залежно від площі травлення.

					171.4321.KP.ПЗ.P2	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Метод 2. Розчин: 300 г/л соляної кислоти розчиняється в нагрітій до 60°C воді. У розчин додається 40 г кухонної солі (NaCl) і 50 г мідного купоросу (CuSCU). Розчин має прозорий жовто-салатовий колір. Він заливається в пластикову ванну, куди опускаються чотири таблетки пергідролу. Потім на ці таблетки стороною травлення ставиться плата. Під час травлення розчин змінює колір на зелений. Травлення триває від 60 секунд до 15 хвилин (залежно від площі травлення). Для прискорення процесу в розчин можна додавати таблетки пергідролу, стежачи за друкованою платою. Якщо плата буде перебувати в травильному розчині занадто довго, то можливо витравлювання міді під захисним шаром провідників.

До недоліків хімічного метода можна віднести хімічну дію розчину на ізоляційну основу, що погіршує діелектричні властивості матеріалу.

В якості матеріала основи друкованої плати був використаний склотекстоліт. Технологічний процес виготовлення друкованої плати розділений на наступні основні операції: підготовка поверхні (знежирення), нанесення малюнку кислотостійкою речовиною (фарба), хімічне травлення, видалення кислотостійкого шару, механічна обробка плати та нанесення захисного шару (покриття лаком).

					171.4321.KP.ПЗ.P2	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

В якості реактиву для травлення використовується водний розчин технічного хлорного заліза. Підвищення температури розчину прискорює процес травлення. Однак травлення хлорним залізом має ряд недоліків. Фенольні смоли, які містять печатні плати, забруднюються залізом, що призводить до погіршення ізоляційних властивостей гетинаксових основ. Ускладнена також регенерація міді, оскільки в склад використаного розчину входять два метали: мідь та залізо. В якості травлячого розчину може бути використаний водний розчин хлорної міді, який містить соляну кислоту. При цьому збільшується час травлення плати. Після механічної обробки плата промивається і висушується.

2.5. Моделювання роботи мікропроцесорної системи керування

На сьогоднішній день зросли вимоги до швидкості і точності обробки інформації, а також значно збільшився її обсяг, все це привело до необхідності широкого застосування складної мікропроцесорної техніки. Однак відомо, що зростання складності систем тягне за собою і збільшення вимог щодо забезпечення захисту від помилок функціонування пристрою. У той же час, з огляду на «людський фактор» не всі вимоги щодо розроблюваного пристрою можуть бути враховані на початковому етапі виробництва. Тому для попередження появи випадковостей в роботі системи і їх усунення часто застосовується моделювання створюваного виробу за допомогою комп'ютерних технологій.

Техніка комп'ютерного моделювання істотно знижує витрати на розробку моделі, а також дозволяє відпрацювати функціонування пристроїв в режимах, близьких до реальних, що особливо важливо, коли пристрій працює в режимі реального часу. На рис. 2.5 представлена схема моделі мікропроцесорної системи керування.

					171.4321.KP.ПЗ.Р2	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

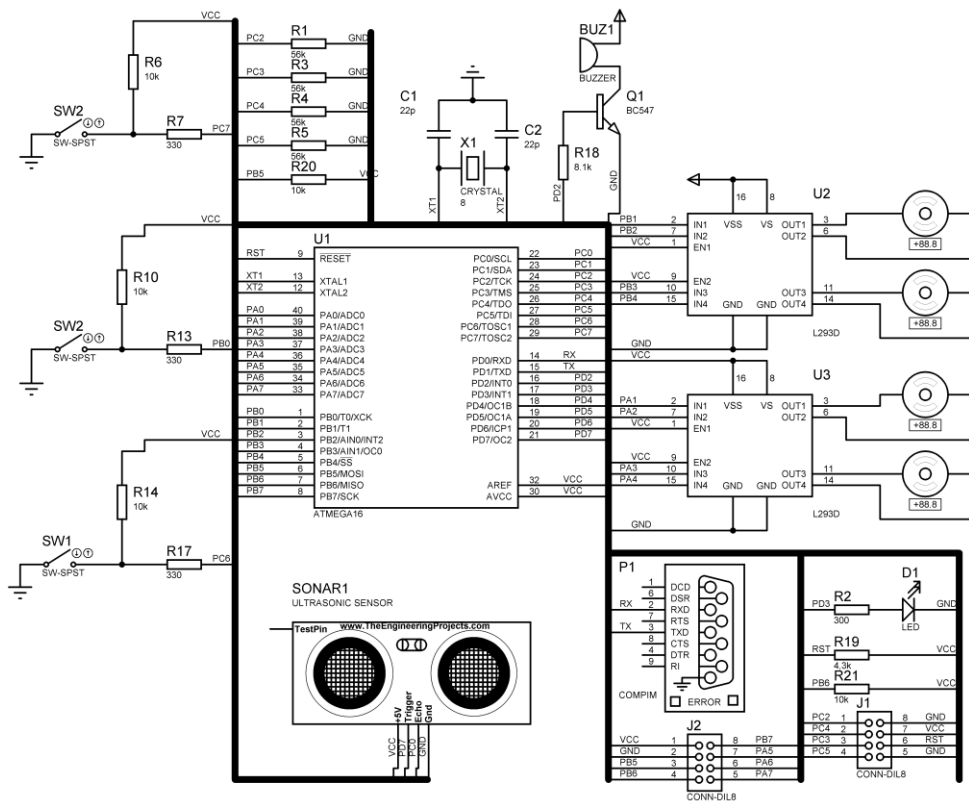


Рисунок 2.5 – Схема для моделювання процесу роботи системи керування

Відмінною рисою наведеної на рис. 2.5 моделі від принципової схеми є те, що замість блоків ультразвукових датчиків в схемі використовується перемикач з підтяжкою до живлення. Моделюючи зміну значення сигналів, що поступають на мікроконтролер виконується налагодження програмного забезпечення та перевірка правильності роботи системи.

Як правило, мікропроцесорна система – це система реального часу, тобто коректність її функціонування залежить від часу виконання програм і швидкості роботи апаратної частини системи. Моделююча програма дозволяє здійснювати виконання мікропроцесорних програм без залучення наявних мікропроцесорних апаратних засобів. Можливості такого налагодження аналогічні емуляції, але при цьому відсутня необхідність використання апаратури, так що імітаційне моделювання обмежується тільки налагодженням програмного забезпечення.

2.6. Розрахунок надійності системи

Проблема забезпечення надійності пов'язана з усіма етапами створення виробу і всім періодом його практичного використання. Надійність виробу закладається в процесі його конструювання і розрахунку і забезпечується в процесі його виготовлення шляхом правильного вибору технології виробництва, контролю якості вихідних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, контролю режимів і умов виготовлення.

Основними показниками та характеристиками надійності є:

- $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи;
- $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов;
- $T_{\text{ТЗср}}$ – середній час роботи до першої відмови;
- $Q(t)$ – ймовірність відмов.

Метою розрахунку показників надійності є визначення чисельних значень основних показників надійності. Вихідною характеристикою надійності для елементів конструкції є інтенсивність їх відмов. Для елементів значення інтенсивностей зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри надійності електронних компонентів

Елемент	Інтенсивність відмов, 10^{-6} год. $^{-1}$	Кількість	Сумарна інтенсивність відмов, 10^{-6} год. $^{-1}$
Мікроконтролер ATmega16	0,0810	1	0,081
Транзистор BC547	0,0596	4	0,2384
Інтерфейс 1-Wire	0,0253	1	0,0253
Інтелектуальні датчики	0,0472	1	0,0472
Резистор смд	0,0037	22	0,237
Світлодіод	0,0030	1	0,048
Акселерометр	0,1600	1	0,160
Кварц	0,1390	1	0,139
Гіроскоп	0,1200	1	0,840
Модуль Bluetooth	0,3000	7	0,600
Роз'єм штир'євий	0,1340	20	2,800
Клема	0,1240	40	4,960
Вивід (пайка)	0,0005	604	0,302
Плата	0,2000	1	0,200

Знаючи елементну базу електричної схеми, можна розрахувати її надійність. Сумарна інтенсивність відмов всіх елементів:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^k n_i \cdot \lambda_i = 11,1299 \cdot 10^{-6} (\text{год.}^{-1}).$$

Середній час безвідмовної роботи:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda_0} = 89848 (\text{год.})$$

Достовірність безвідмовної роботи в залежності від часу:

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t} = e^{-11,129910^{-6} \cdot t}$$

Ймовірність відмови $Q(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-11,129910^{-6} \cdot t}$ у графічному вигляді наведена на рис. 2.6.

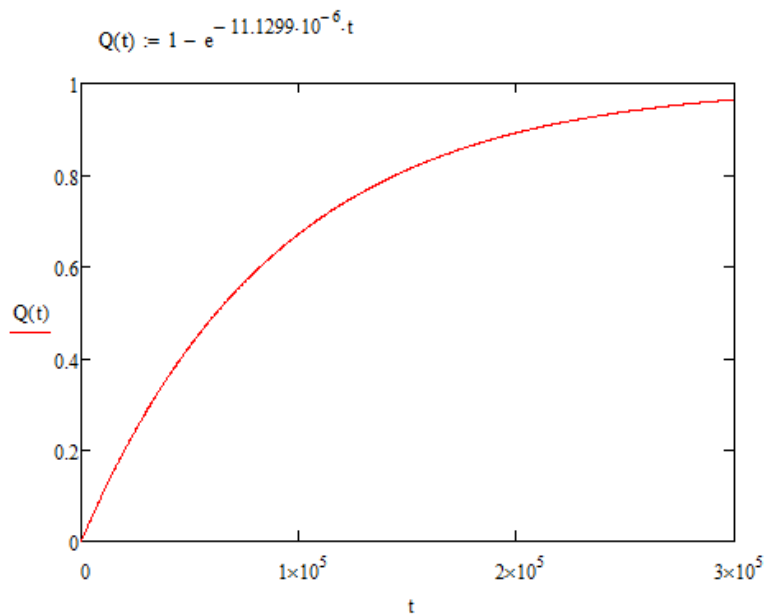


Рисунок 2.6 – Ймовірність відмови пристрою

З розрахунків видно, що час безвідмовної роботи складає 89848 годин, що дорівнює приблизно десяти рокам безперервної роботи.

Висновок

В цьому розділі дипломного проекту було розроблено структурну, принципову та друковану схеми мікропроцесорної системи керування автономною роботизованою платформою. При проектуванні системи використані принципи системного підходу, а саме принцип модульності, розвитку та принцип універсальності. Принцип модульності та розвитку

					171.4321.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

полягає в тому, що в систему закладено можливість нарощування. Використовуючи розроблену систему як складовий блок, можна побудувати розвинену систему керування для промислових роботизованих систем. Принцип універсальності полягає в тому, що використані схемотехнічні рішення дозволяють підключити до системи різні інтелектуальні датчики, та керувати виконавчими механізмами, що можуть відрізнятися напругою живлення, характером струму живлення, потужністю.

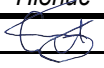
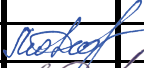
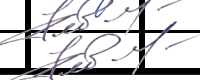
Закладено можливість легкої заміни основних компонентів, оскільки всі основні модулі підключаються через роз'єми, а використані поширені складові дозволяють легко знайти заміну.

Виконано моделювання роботи системи збору та обробки інформації та отримані осцилограми сигналів в контрольних точках, що підтверджують правильність використаних схемотехнічних рішень.

Виконаний розрахунок надійності системи, який підтверджує її надійність та відмово стійкість. За рахунок широкого робочого діапазону температур система може працювати в досить різноманітних умовах.

Наступним етапом розробки буде написання програмної частини системи керування, складення блок-схем алгоритмів керування, розробка алгоритму опитування датчиків пристрою.

					171.4321.KP.ПЗ.P2	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

					171.4321.КР.ПЗ.РЗ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Баранов О. В.			Програмна реалізація алгоритмів керування мобільною платформою	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							48	21
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Рябенський В. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНОЮ ПЛАТФОРМОЮ

3.1. Вимоги до програмних засобів автономної навігації

Після розрахунку апаратної частини пристрою, можна переходити до програмної частини. В будь-якому цифровому пристрої апаратна і програмна частина дуже тісно пов'язані. Для того щоб створити максимально корисний програмний код для пристрою, та мати можливість його максимального використання необхідно провести аналіз тих функцій, які повинні виконуватись на програмному рівні. Це дозволить зменшити час, необхідний для розробки програмного коду, зменшити розміри програмного забезпечення, позбутися від непотрібних циклів та функцій, збільшити швидкість виконання програмного коду, зменшити навантаження на обчислювальні потужності автономної платформи.

Функції, які повинно виконувати програмне забезпечення:

1. Формування сигналів керування на драйвери L293D приводних двигунів роботизованої платформи.
2. Формування сигналу керування на ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 та вимірювання його тривалості з метою розрахунку відстані до перешкоди.
3. Контроль станів виходів інфрачервоних датчиків.
4. Отримання та передача команд та даних по послідовному інтерфейсу в радіо модуль HC-05.
5. Зчитування інформації з акселерометра.
6. Розрахунок значення виходу регулятора для стабілізації платформи.
7. Керування пьезовипромінювачем для формування звукових сигналів.
8. Керування напівпровідниковими світло діодами, що забезпечать освітлення навколишнього простору та індикація режиму роботи платформи.
9. Зчитування даних з датчику температури.

					171.4321.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На основі сформульованих вимог можна побудувати блок-схему структури програмного забезпечення для мікропроцесорної системи керування.

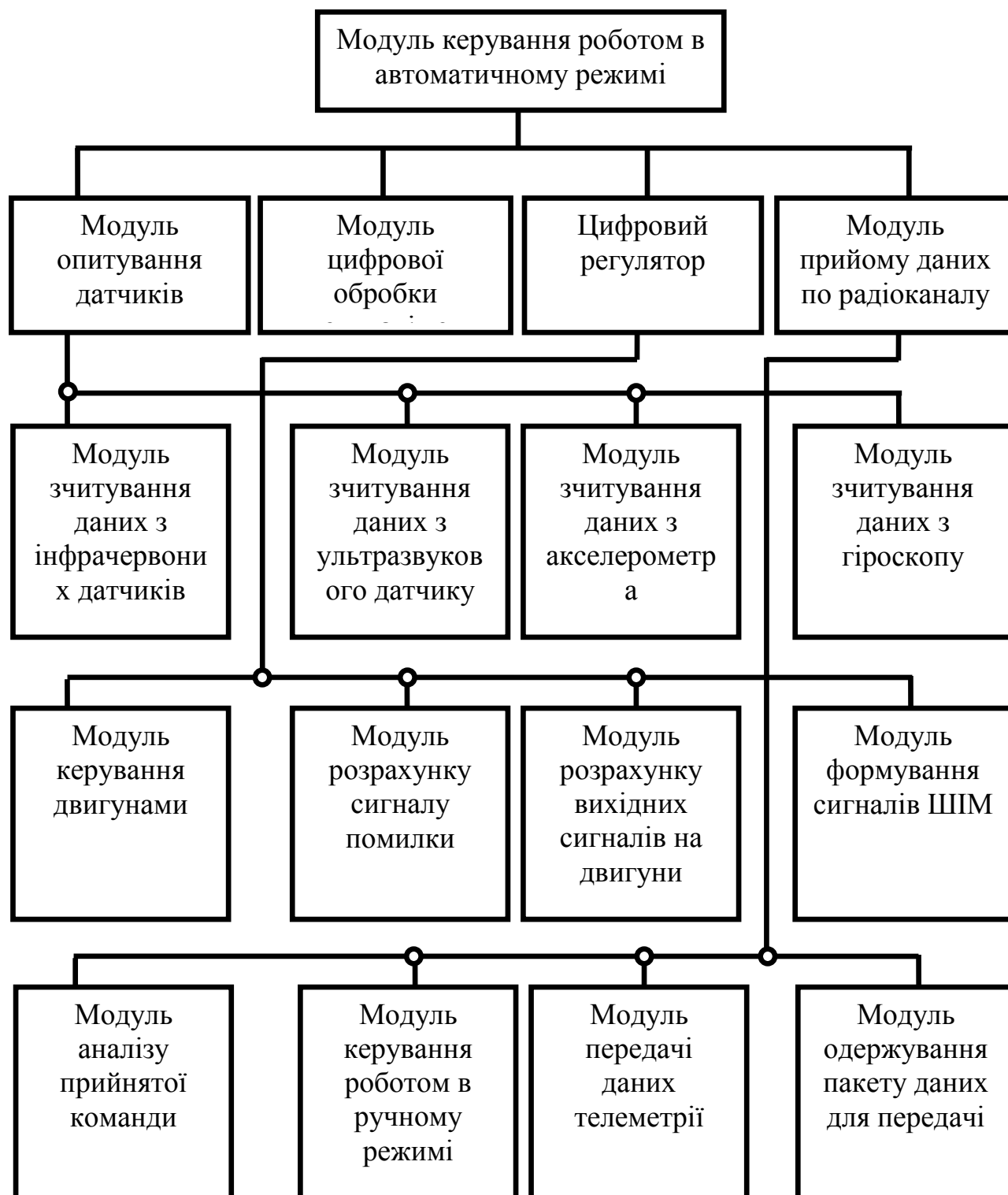


Рисунок 3.1 – Блок-схема структури програмного забезпечення

Модуль опитування датчиків – виконує функції опитування всіх підключених до платформи датчиків.

Модуль цифрової обробки сигналів – відповідає за утворення та передачу сигналів до кінцевих модулів системи.

Цифровий регулятор – відповідає за положення платформи у просторі, формує сигнали керування.

Модуль прийому даних по радіоканалу – відповідає за безпосередню передачу даних по радіоканалу Bluetooth.

Модуль керування двигунами – отримує інформацію від цифрового регулятора та формує сигнали керування до двигунів.

Модуль розрахунку сигналу помилки – на основі порівняння даних про положення платформи до переміщення та положення платформи після переміщення розраховує сигнал похибки переміщення платформи та направляє відповідну команду до модуля керування двигунами для корекції переміщення.

Модуль зчитування даних з інфрачервоних датчиків – опитує інфрачервоні датчики через деякі проміжки часу та передає отриману інформацію до модуля опитування датчиків.

Модуль зчитування даних з ультразвукового датчику – отримує інформацію від HC-SR04 та передає її до модуля опитування датчиків.

Модуль аналізу прийнятої команди – виконує аналіз даних отриманих від модуля прийому даних по радіоканалу та обирає кінцевий адресат у платформі.

Модуль керування роботом у ручному режимі – у разі отримання відповідної команди від модуля прийому даних по радіоканалу переключує керування платформою у ручний режим та скасовує всі отримані інструкції.

Модуль передачі даних телеметрії – передає дані отримані від датчиків та інших модулів до пульта управління.

3.2. Розробка алгоритму опитування інфрачервоних датчиків

Модуль інфрачервоного датчику базується на основі аналогового компаратору та інфрачервоної оптичної пари. Принцип роботи дуже простий. Компаратор порівнює опорну напругу та напругу з колектору фототранзистору. Якщо напруга на колекторі дорівнює або перевищує опорну напругу – на виході компаратору сигнал змінюється на протилежний. На рисунку 3.2 показане нормальне положення платформи над лінією. У цьому положенні датчики 1 та 3 будуть видавати на виході сигнал приблизно рівний напрузі живлення або логічної одиниці, а датчик 2 – сигнал близький до нуля або логічний нуль. Модулі 4, 5, 6, 7 – мотор-колесо на основі двигуна постійного струму.

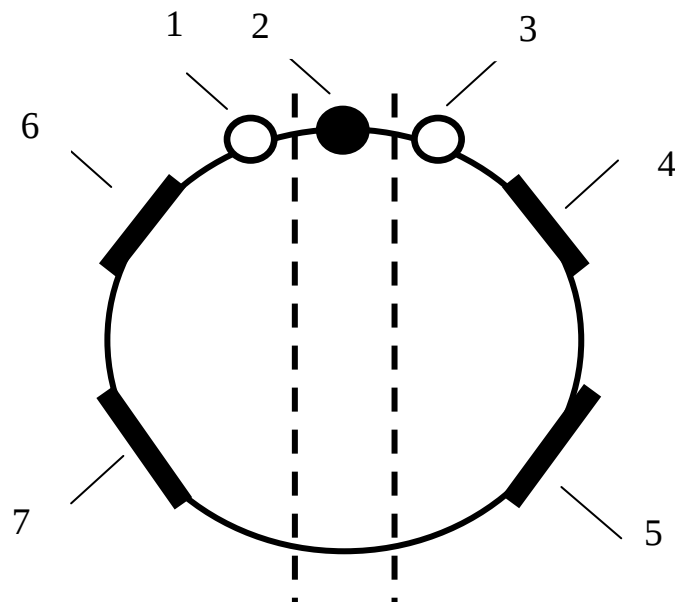


Рисунок 3.2 – Схематичне зображення платформи у нормальному положенні

На рисунку 3.3. показане положення платформи при зміщенні вправо від основної траєкторії. У цьому положенні датчики 2 та 3 будуть видавати на виході логічну одиницю, а датчик 1 – логічний нуль.

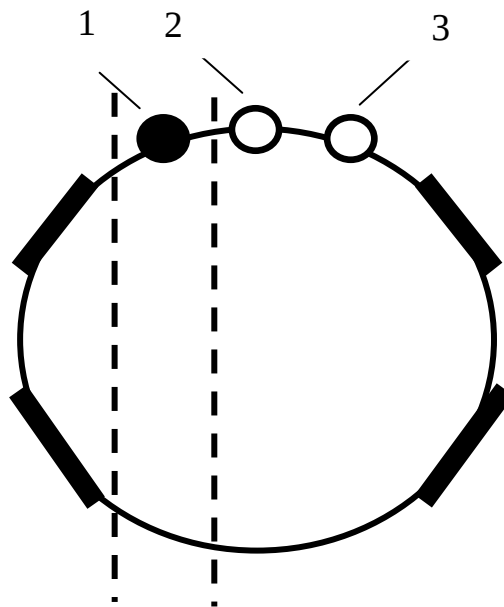


Рисунок 3.3 – Схематичне зображення платформи при зміщенні вправо

На рисунку 3.4 показане положення платформи при зміщенні вліво від основної траєкторії. У цьому положенні датчики 1 та 2 будуть видавати на виході логічну одиницю, а датчик 3 – логічний нуль.

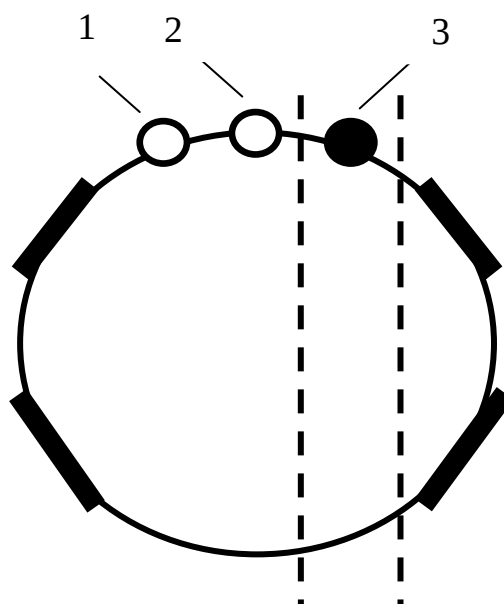


Рисунок 3.4 – Схематичне зображення платформи при зміщенні вліво

На рисунку 3.5 показане положення платформи при наїзді на перетин контрольних ліній або при проїзді широкої ділянки траси. У цьому положенні всі 3 датчики будуть видавати логічний нуль на виході.

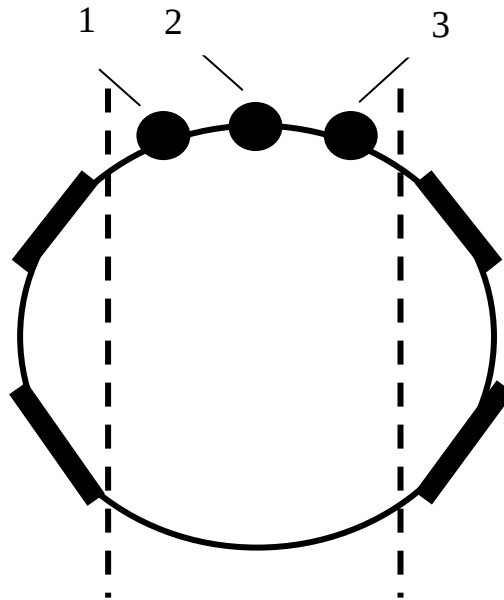
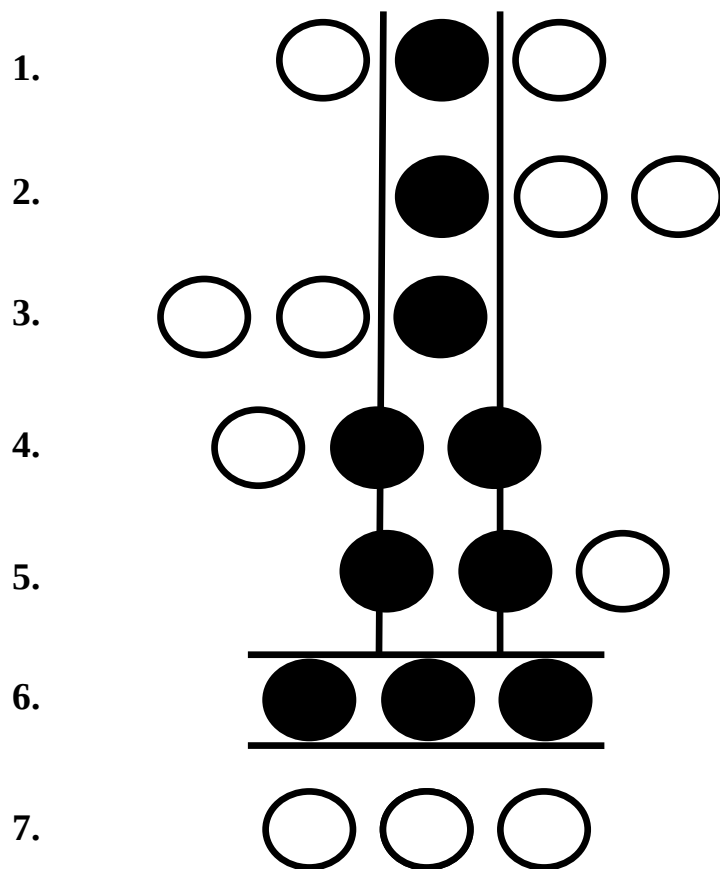


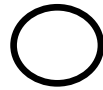
Рисунок 3.5 – Схематичне зображення платформи при проїзді широкої ділянки траси

Оскільки датчиків у платформі встановлено 3 то може бути декілька варіантів отримання сигналів від датчиків.





– Датчик над лінією



– Датчик над світлим місцем

Рисунок 3.6 – Варіанти отримання сигналів від датчиків

Якщо система отримує сигнал від датчиків відповідний до варіанту 1 – платформа знаходиться у правильному положенні, необхідно продовжувати рух далі.

Якщо система отримує сигнал від датчиків відповідний до варіанту 2 – платформа зміщена вправо – необхідно зупинити двигуни платформи та виконати зміщення ліворуч, після чого ще раз опитати датчики.

Якщо система отримує сигнал від датчиків відповідний до варіанту 3 – платформа зміщена вліво – необхідно зупинити двигуни платформи та виконати зміщення праворуч, після чого ще раз опитати датчики.

Якщо система отримує сигнал від датчиків відповідний до варіанту 4 – платформа починає зміщуватись вліво – необхідно зменшити швидкість двигунів з правого боку платформи та збільшити швидкість двигунів з лівого боку платформи, внаслідок чого платформа вирівняється, після цього виконати опитування датчиків.

Якщо система отримує сигнал від датчиків відповідний до варіанту 5 – платформа починає зміщуватись вправо – необхідно зменшити швидкість двигунів з лівого боку платформи та збільшити швидкість двигунів з правого боку платформи, внаслідок чого платформа вирівняється, після цього виконати опитування датчиків.

Якщо система отримує сигнал від датчиків відповідний до варіанту 5 – платформа знаходиться над перехрестям ліній або над широкою ділянкою траси – продовжувати слідкувати заданим маршрутом.

Якщо система отримує сигнал від датчиків відповідний до варіанту 6 – платформа знаходиться у початковому положенні або датчики не можуть

					171.4321.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

знайти лінію. Необхідно скасувати заданий маршрут та перевести систему керування в ручний режим.

3.3. Розробка цифрового автомату керування електродвигунами

На основі алгоритмів опитування інфрачервоних датчиків можна побудувати цифровий автомат керування рухом робота по заданій траєкторії, а потім розробити цифровий автомат керуючих впливів на двигуни робота. Це дасть змогу комплексно зрозуміти принцип виконання програми. На рис. 3.7 зображений цифровий автомат керування рухом робота по заданій траєкторії, де:

- Q_0 – початковий стан;
- Q_1 – траєкторія ліворуч від робота;
- Q_2 – траєкторія праворуч від робота;
- Q_3 – траєкторія зліва спереду від робота;
- Q_4 – траєкторія зліва позаду від робота;
- Q_5 – траєкторія зникла – зупинка робота;
- Y_0 – рух прямо;
- Y_1 – рух ліворуч;
- Y_2 – рух праворуч;
- Y_3 – обертання за годинниковою стрілкою;
- Y_4 – обертання проти годинникової стрілки;
- Y_5 – зупинитися.

Датчики пронумеровані номерами 1, 2, 3 відповідно:

- X_1 – спрацював датчик 1;
- X_2 – спрацював датчик 2;
- X_3 – спрацював датчик 3.

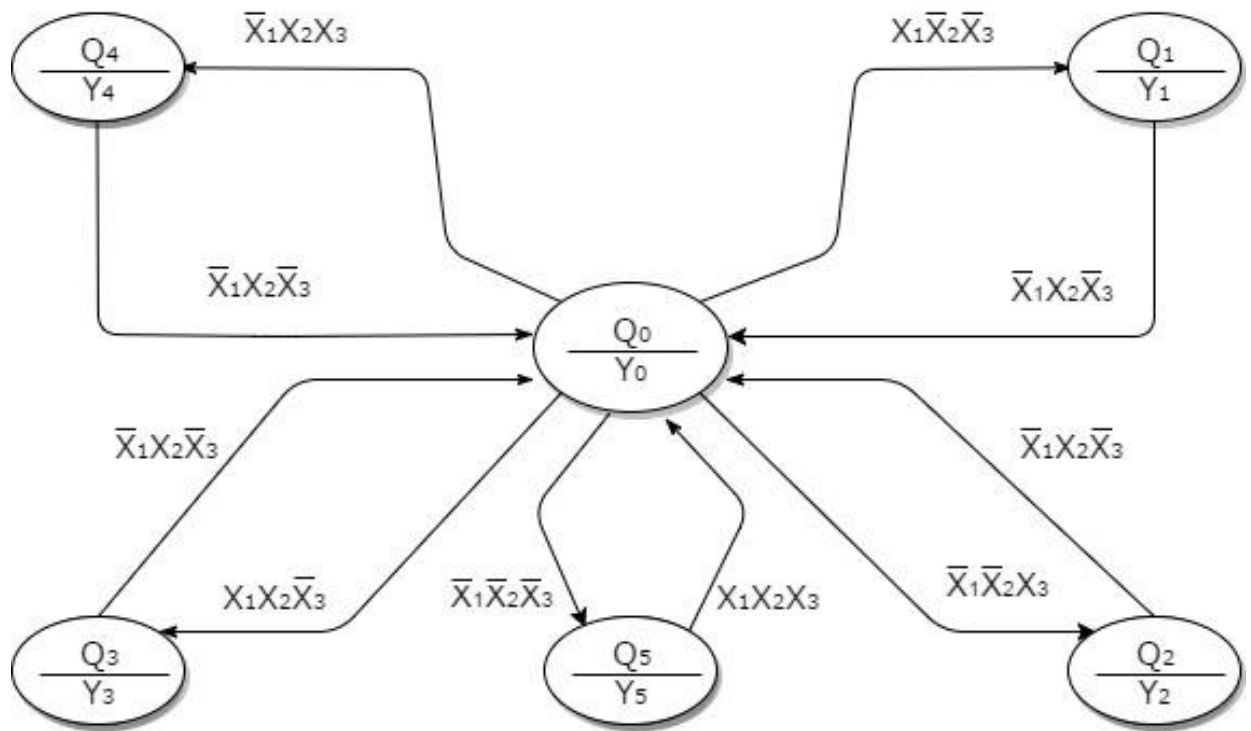


Рисунок 3.7 – Цифровий автомат керування рухом робота по заданій траєкторії

На рис 3.8 зображений цифровий автомат формування керуючих впливів на двигуни робота, де:

X_0 – рухатися прямо;

X_1 – рухатися ліворуч;

X_2 – рухатися праворуч;

X_3 – обернутися за годинниковою стрілкою;

X_4 – обернутися проти годинникової стрілки;

X_5 – зупинитися;

$Z_1 - Z_5$ – значення вихідних сигналів керування двигунами;

$Z_0 := Y_{1ccw} \cdot Y_{2cw} \cdot Y_{3cw} \cdot Y_{4ccw}$ – рух прямо;

$Z_1 := Y_{1cw} \cdot Y_{2cw} \cdot Y_{3ccw} \cdot Y_{4ccw}$ – рух ліворуч;

$Z_2 := Y_{1ccw} \cdot Y_{2ccw} \cdot Y_{3cw} \cdot Y_{4cw}$ – рух праворуч;

$Z_3 := Y_{1ccw} \cdot Y_{2ccw} \cdot Y_{3ccw} \cdot Y_{4ccw}$ – обертання за годинниковою стрілкою;

$Z_4 := Y_{1cw} \cdot Y_{2cw} \cdot Y_{3cw} \cdot Y_{4cw}^{\blacksquare}$ – обертання проти годинникової стрілки;

$Z_5 := Y_{10} \cdot Y_{20} \cdot Y_{30} \cdot Y_{40}^{\blacksquare}$ – зупинка;

$Y_0 := \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_0$ – двигун зупинено;

$Y_{ccw} := \bar{y}_1 \cdot y_0$ – двигун обертається назад (проти годинникової стрілки);

$Y_{cw} := \bar{y}_1 \cdot y_0$ – двигун обертається вперед (за годинниковою стрілкою);

Q_0 – початковий стан – рух прямо;

Q_1 – рух ліворуч;

Q_2 – рух праворуч;

Q_3 – обертання за годинниковою стрілкою;

Q_4 – обертання проти годинникової стрілки;

Q_5 – зупинка.

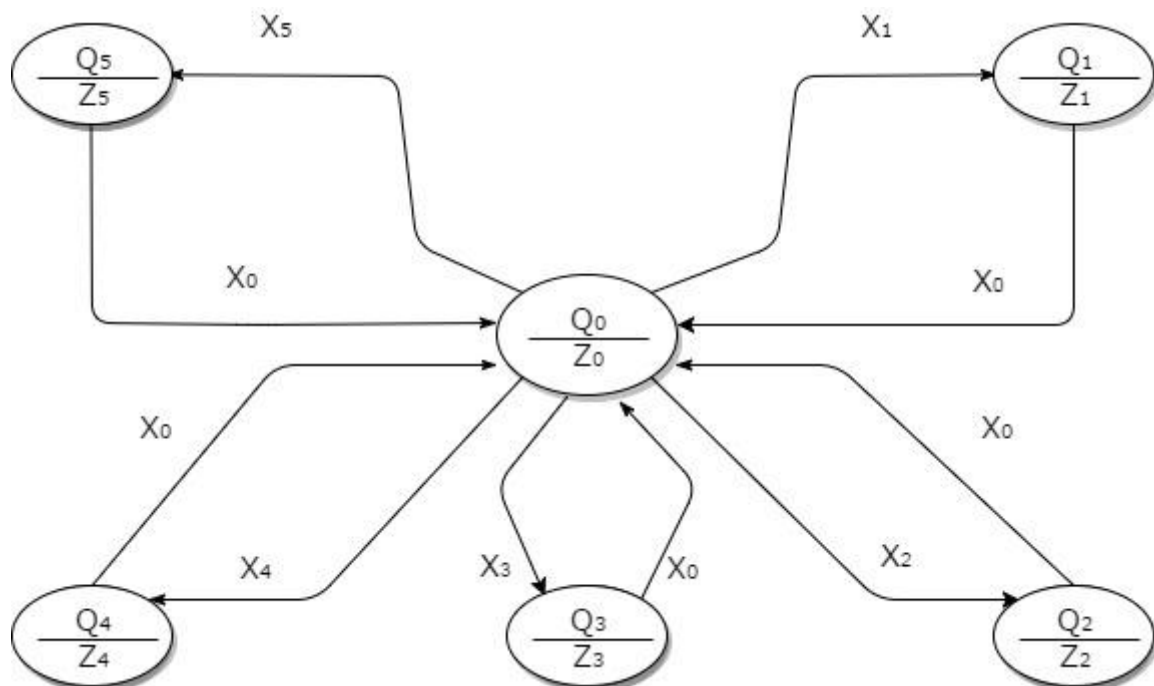


Рисунок 3.8 – Цифровий автомат формування керуючих впливів на двигуни робота

3.4. Розробка протоколу та алгоритму передачі даних по радіомережі

Використання технології Bluetooth – один з найпростіших способів з'єднання двох пристроїв. Для організації зв'язку між пристроями необхідна лише наявність у них Bluetooth-адаптера. При цьому Bluetooth дозволяє досягати швидкості до 2-3 Мбіт / с при максимальній відстані в 150 м.

Однією з переваг цього стандарту є те, що для зв'язку пристроїв абсолютно не потрібно прямої видимості - пристрої починають підключатись один одного будучи зближеними на певну відстань.

Також до переваг слід віднести низьке енергоспоживання і вартість, а також відносну універсальність (при з'єднанні не важливий тип пристрою, визначальним є лише підтримуваний профіль).

Одним з найбільших недоліків є відносно низька швидкість передачі даних. Також до недоліків можна віднести і той факт, що дальність прийому передачі даних дуже обмежена і в максимально можливій потужності передатчика обмежена відстанню в 150 метрів.

Саме завдяки своїм перевагам Bluetooth-передатчики знайшли своє використання у різних автономних системах і пристроях. А впровадження у мобільні телефони та планшети зробило Bluetooth одним з основних стандартів передачі даних на одному рівні з Wi-fi та 3G. Саме такий комплект передатчиків можна зустріти в будь-якому телефоні або планшеті.

					171.4321.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



Рисунок 3.9 – Блок-схема алгоритму передачі даних в радіомодуль

Для передачі даних в радіо модуль необхідно налаштувати параметри універсального асинхронного приймача-передавача. Виконується встановлення швидкості передачі даних, що дорівнює 9600 біт/с, виконується дозвіл роботи приймача та передавача, а також дозвіл переривань по завершенню прийому даних. Формування умови для запису даних в UDR для

їх передачі. Якщо умова вірна – формування наступної умови для завершення передачі даних. Текст програми для мікроконтролера наведено в додатку Б.

3.5. Розробка інтерфейсу програмних засобів для керування мобільним роботом

Основним елементом керування в інтерфейсі користувача є кнопка, натискання на яку призводить до виклику відповідного обробника переривання та формування інформаційно-керуючого пакету, який передається по радіоканалу в систему керування роботизованою платформою. При надходженні даних з системи керування відбувається їх обробка та відображення у текстовому вигляді на екрані планшета або мобільного телефону. На рис. 3.10 представлено схему розташування елементів керування на екрані мобільного телефону або планшета.

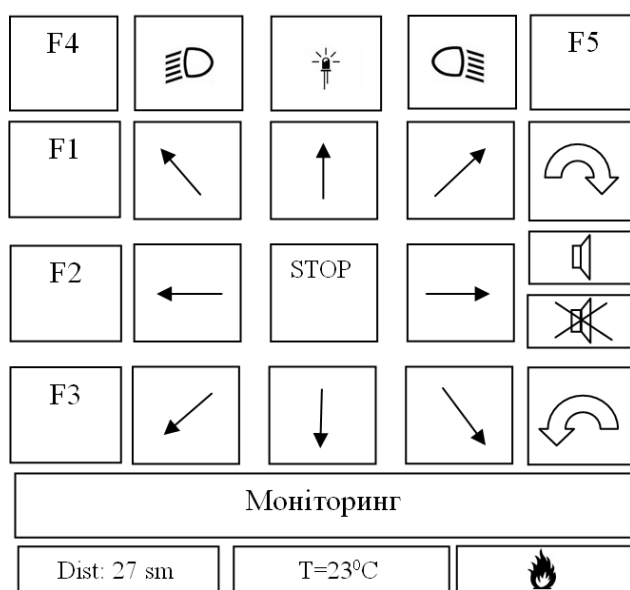


Рисунок 3.10 – Розташування елементів керування роботом на екрані мобільного телефону

Опис функцій кожного елементу керування представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Опис функцій елементів керування екранної форми

Додаткова функція 4	Увімкнути або вимкнути фронтальне освітлення	Увімкнути або вимкнути кольоровий ліхтар	Увімкнути або вимкнути режим пробліскових вогників	Додаткова функція 5
Додаткова функція 1	Рух ліворуч вгору	Рух вперед	Рух праворуч вгору	Обертання за часовою стрілкою
Додаткова функція 2	Рух ліворуч	Зупинка всіх моторів	Рух праворуч	Включити або виключити звуковий сигнал
Додаткова функція 3	Рух ліворуч вниз	Рух назад	Рух праворуч вниз	Обертання проти часової стрілки
Моніторинг				
Індикатор відстані до перешкоди		Індикатор температури		Індикатор наявності полум'я

При натисканні на кнопку відбувається передача команди керування роботизованою платформою, довжина якої складає 1 байт. Нижче представлено ASCII-символи, що відправляються при натисканні відповідної кнопки.

Увімкнути фронтальне освітлення: M

Вимкнути фронтальне освітлення: m

Увімкнути пробліскові вогники: K

Вимкнути пробліскові вогники: k

Увімкнути кольоровий ліхтар: N

Вимкнути кольоровий ліхтар: n

Включити звуковий сигнал: B

Виключити звуковий сигнал: b

Обертання проти часової стрілки: R

Обертання за часовою стрілкою: T

Рух ліворуч вгору: Q

Рух вперед: W

Рух праворуч вгору: E

Рух ліворуч: A

Зупинка всіх моторів: S

Рух праворуч: D

Рух ліворуч вниз: Z

Рух назад: X

Рух праворуч вниз: C

F1 – Увімкнути або вимкнути інфрачервоний датчик руху (при наявності рухомого об'єкта в полі зору датчика формується звуковий сигнал SOS ...- - -): ASCII-символ 'F'.

F2 – Увімкнути або вимкнути ультразвуковий датчик відстані (при наявності перешкоди робот дає звуковиц та світловий сигнал, та зупиняє рух): ASCII-символ 'G'.

F3 – Додаткова функція 3 – робот рухається у випадковому напрямку протягом деякого часу. Якщо робот натрапить на перешкоду, змінюється напрям руху та визначається нове значення часу, протягом якого буде виконуватися рух: ASCII-символ 'H'.

F4 – Спостереження за об'єктом – в момент надходження команди виконується вимірювання відстані до перешкоди і робот переходить в режим слідування за перешкодою. При зміні відстані від перешкоди внаслідок її руху робот змінює своє положення, рухаючись на зустріч або від перешкоди, в залежності від показань датчику відстані: ASCII-символ 'U'.

F5 – Додаткова функція (зарезервовано): ASCII-символ 'P'.

Моніторинг: ASCII-символ 'J'.

При натисканні кнопки «Моніторинг» відбувається передача символу «J». Система керування роботом у відповідь на цей запит передає 3 байти з інформацією, отриманою з датчиків, які розташовано на роботі:

					171.4321.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

1. Індикатор відстані до перешкоди: (байт 1) (наприклад, отримане значення 42 означає, що попереду від робота на відстані 42 см знаходиться перешкода)

2. Індикатор температури: (байт 2)/10 (наприклад, отримане значення 237 означає, що температура 23,7 град.)

3. Індикатор наявності полум'я: байт 3 якщо дорівнює '1' – активний стан індикатора, якщо '0' – звичайний стан (0, 1 – ASCII – символи).

Отже, значення байта 1 потрібно відображати без зміни, значення байта 2 відображати, поділивши його на 10, значення байта 3 використовується для керування станом індикатора: 0 – вимкнений, 1 – ввімкнений.

На рис. 3.11 представлено інтерфейс розроблених програмних засобів керування роботизованою платформою на мові програмування JAVA для мобільних пристроїв з операційною системою Android.

					171.4321.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 3.11 – Вигляд розробленого інтерфейсу програмних засобів для планшетного комп'ютера з ОС Android

Для керування роботизованою платформою після запуску програми під ОС Android потрібно встановити з'єднання з радіомодулем Bluetooth. Ця процедура є типовою для всіх мобільних пристроїв. Після встановлення з'єднання потрібно ввести PIN-код «1234». При вдалому підключенні індикатор на радіомодулі змінить частоту мерехтіння. Для відключення від системи керування достатньо закрити програму, і з'єднання буде автоматично розірвано. Система керування роботизованою платформою перейде в стан очікування.

					171.4321.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Модель діючого прототипу системи автономної навігації для роботизованих платформ з використанням інфрачервоних датчиків, що була вироблена в ході дипломного проекту зображена на рис. 3.12 та рис. 3.13.

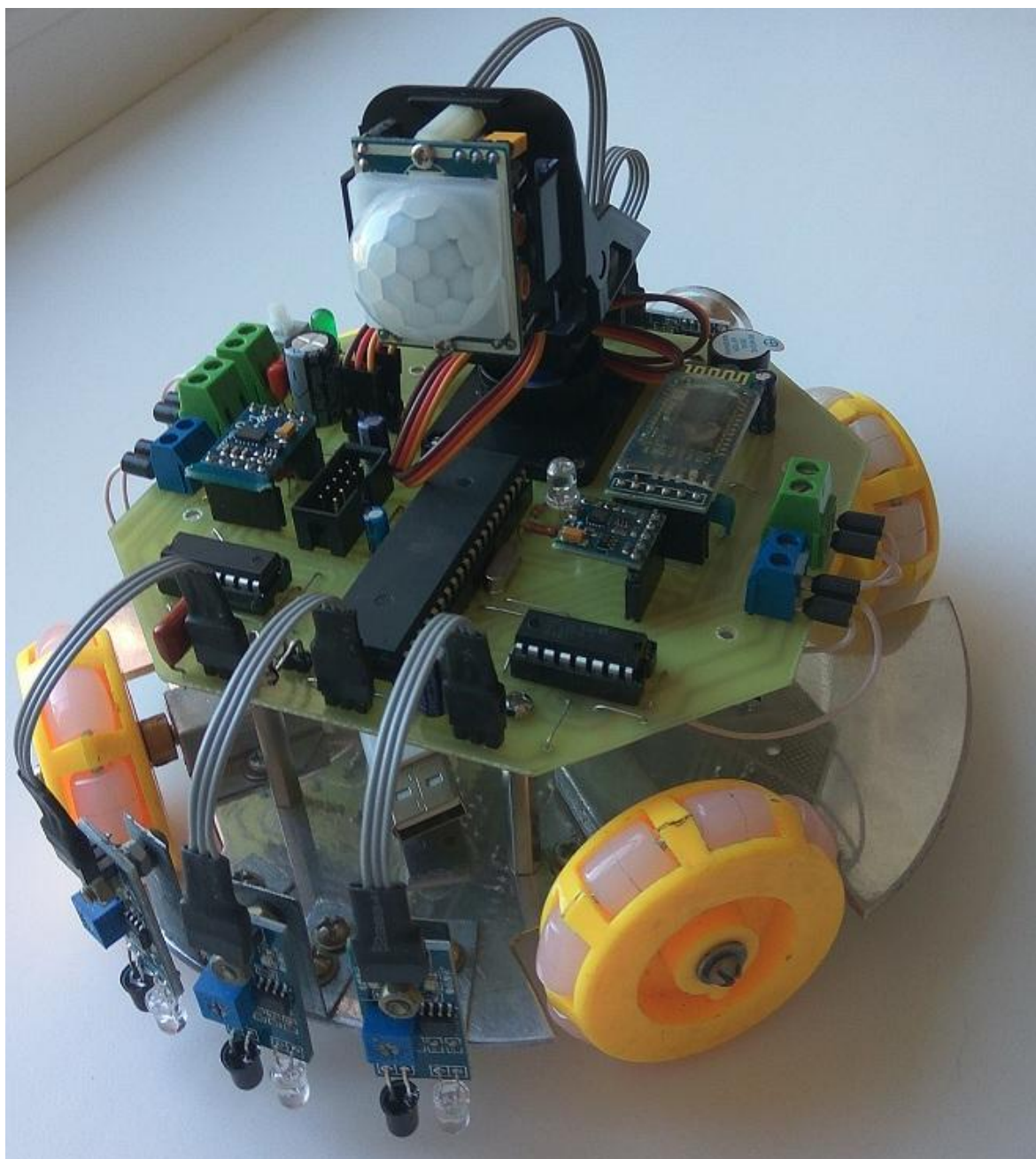


Рисунок 3.12 – Діючий прототип системи автономної навігації, вид спереду

					171.4321.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66

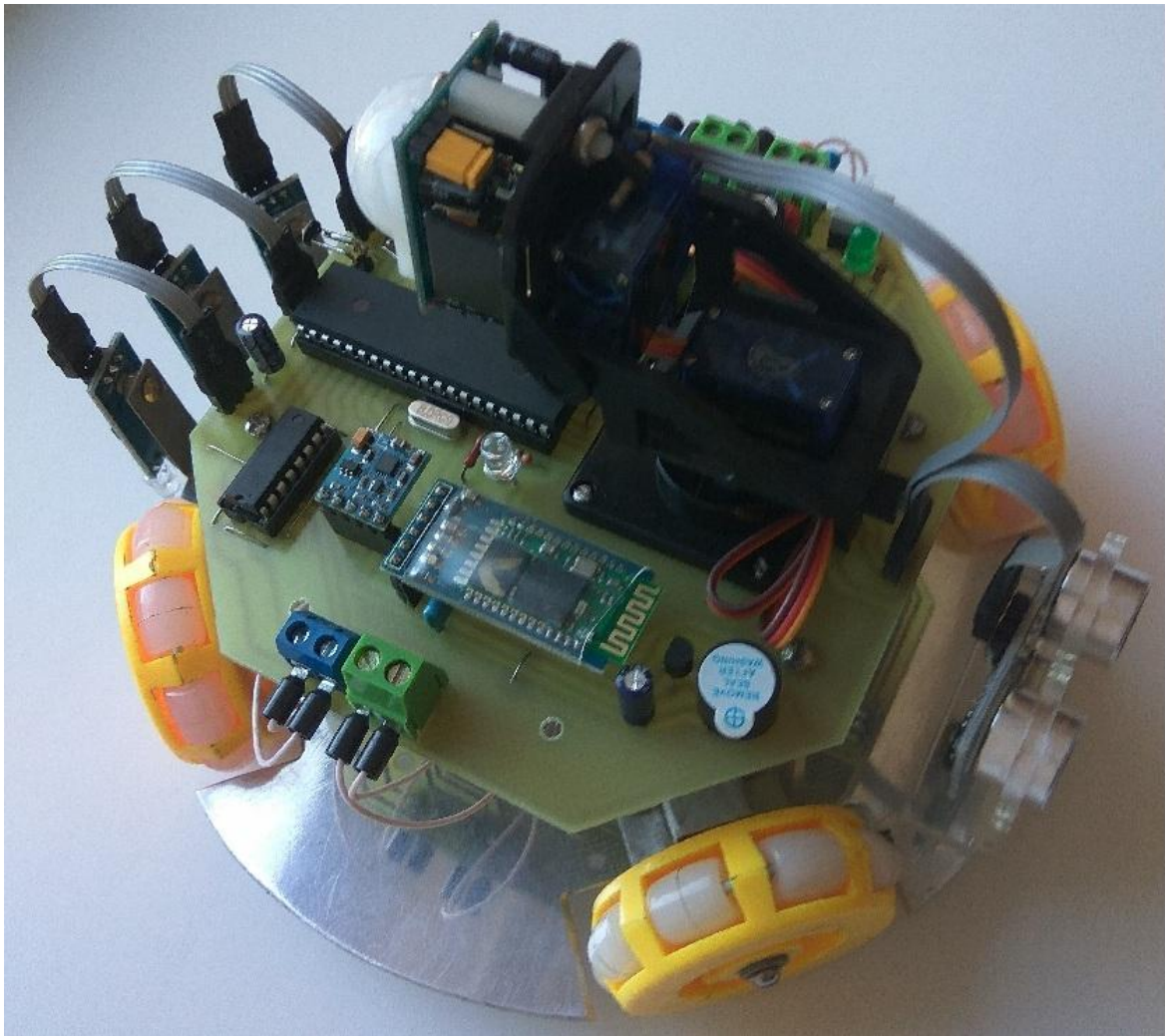


Рисунок 3.13 – Діючий прототип системи автономної навігації, вид згори

Висновок

В розділі виконана розробка алгоритмів та написане програмне забезпечення для мікроконтролера. При розробці програмного забезпечення було використано принцип модульності, що дозволило полегшити процес його налагодження. Також в процесі розробки програмного забезпечення постійно виконувалося моделювання роботи системи у середовищі Proteus. Це дало змогу локалізувати наявні в програмі логічні помилки та швидко виправити їх.

Для забезпечення роботи системи використовуються різні периферійні вузли мікроконтролера – порти вводу/виводу, аналого-цифровий

					171.4321.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		67

перетворювач, таймери/лічильники, універсальний асинхронний приймач-передавач, тобто використання можливостей мікроконтролера є достатньо великим. За рахунок цього вдалося мінімізувати завдання, що використовуються апаратною частиною системи, використовувати уніфіковані схемотехнічні рішення. За рахунок ускладнення програмного забезпечення систему керування мобільною платформою можна зробити більш інтелектуальною – для прийняття рішення використовувати показання не одного, а декількох датчиків. Також в програмному забезпеченні реалізовано цифровий КІХ-фільтр ковзаючого середнього, який використовується для обробки даних, отриманих з аналого-цифрового перетворювача.

Для обміну даними з Bluetooth-радіомодемом було використано інтерфейс RS232 на фізичному рівні та стандартні команди на логічному рівні.

					171.4321.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

					171.4321.КР.ПЗ.Р4			
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата				
Розробник		Баранов О. В.			Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант		Губальцев А. М.					69	11
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Рябенський В. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Закон України “Про охорону праці” року визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Дія Закону поширюється на всі підприємства, установи і організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності, на усіх громадян, які працюють, а також залучені до праці на цих підприємствах.

Законодавство про охорону праці складається з Закону України “Про охорону праці”, Кодексу законів про працю України та інших нормативних актів. У разі, коли міжнародними договорами або угодами, в яких бере участь Україна, встановлено більш високі вимоги до охорони праці, ніж ті, що передбачено законодавством України, то застосовуються правила міжнародного договору або угоди.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

– пріоритету життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;

– комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з цих питань та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони навколишнього середовища;

					171.4321.KP.ПЗ.Р4	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

– соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань;

– встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

– використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних і нешкідливих умов праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці;

– здійснення навчання населення, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

– забезпечення координації діяльності державних органів, установ, організацій та громадських об'єднань, що вирішують різні проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між власниками та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами при прийнятті рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

– міжнародного співробітництва в галузі охорони праці, використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці.

4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів на робочому місці оператора при розробці системи керування рухом робота

На людину в процесі її трудової діяльності можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. *Небезпечні фактори* – це такі, внаслідок яких з працюючою людиною може трапитись нещасний випадок і різке погіршення здоров'я. *Шкідливі фактори* – це такі, які можуть викликати професійне захворювання. Між шкідливими і небезпечними виробничими

					171.4321.KP.ПЗ.Р4	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

факторами спостерігається деякий взаємозв'язок. У багатьох випадках наявність шкідливих факторів сприяє проявленню травмонебезпечних факторів. Наприклад, надмірна вологість у виробничому приміщенні та наявність струмопровідного пилу (шкідливі фактори) підвищують небезпеку поразки людини електричним струмом (небезпечний фактор).

Задачею охорони праці є зведення до мінімуму ймовірності ураження або захворювання працюючої людини з одночасним забезпеченням її комфорту при максимальній продуктивності праці.

Наявний у теперішній час комплекс розроблених організаційних заходів і технічних засобів захисту й накопичений передовий досвід роботи ряду комп'ютеризованих та обчислювальних центрів показують, що існує можливість досягти значно більших успіхів у справі усунення або зменшення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працюючих. Однак стан умов праці і його безпеки в ряді випадків ще не задовольняють сучасним вимогам.

Оператори ЕОМ, оператори з підготовки даних, програмісти та інші працівники, робота яких тісно пов'язана з використанням комп'ютерної техніки, зіштовхуються з впливом таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих факторів, як підвищений рівень шуму, підвищена температура навколишнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика й т. ін. Велика кількість професійних користувачів ПК на своєму робочому місці також піддаються впливу таких психофізичних факторів, як розумова перенапруга, перенапруга зорових та слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження. Вплив зазначених несприятливих факторів призводить до зниження працездатності, викликаного стомленням, що розвивається. Поява і розвиток стомлення пов'язані зі змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмовими процесами в корі головного мозку.

					171.4321.KP.ПЗ.Р4	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тривале перебування людини в зоні комбінованого впливу різних несприятливих факторів може привести до професійного захворювання.

Випромінювання монітору. Монітор ПЕОМ на основі електронно-променевої трубки виступає потенційним джерелом м'якого рентгенівського, ультрафіолетового, інфрачервоного, видимого, радіочастотного, зверх- та низькочастотного електромагнітного випромінювань. Однак дослідження показали, що інтенсивність цих випромінювань набагато нижча рівнів, які здатні спричинити будь-який біологічний вплив на людину. Для різних моніторів величини м'якого рентгенівського випромінювання навіть на відстані 5-10 см від екрану не перевищують встановлених норм. Рівні ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань нижчі за природний фон або відповідають йому й не можуть чинити шкідливого впливу. На робочих місцях користувачів мають місце низькоінтенсивні електромагнітні випромінювання, які не перевищують допустимих значень електричних та магнітних полів для діапазону частот 60 кГц – 300 МГц. Максимальний рівень напруженості електричного поля реєструється біля задньої панелі монітору і дещо менший – на відстані 10 см від екрану та корпусу дисплея.

Виробниче освітлення. Одним з основних питань охорони праці є організація раціонального освітлення виробничих приміщень та робочих місць.

Правильно спроектоване та виконане виробниче освітлення покращує умови зорової праці, знижує втомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, благотворно впливає на виробниче середовище, здійснюючи позитивний психологічний вплив на працюючого, підвищує безпеку праці й знижує виробничий травматизм.

В умовах сучасного виробництва важливим фактором покращення умов праці в цілому є оптимізація кількісних та якісних характеристик освітлення робочих місць. В сучасному виробництві радіотехнічного та електронного профілю оптимізація зорової праці набуває особливого

					171.4321.KP.ПЗ.Р4	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

значення в зв'язку з інтенсифікацією праці та прогресуючою тенденцією до мікромініатюризації радіоелектронної апаратури. Значна частина технологічних процесів у цих виробництвах пов'язана з роботами найвищої точності і, отже, характеризується високим ступенем напруженості зорової роботи. Втолюваність органів зору залежить від ступеню напруженості процесів, супроводжуваних зорове сприйняття.

Вирішення питання раціонального освітлення виробничих приміщень і робочих місць покращує умови зорової роботи, послаблює зорове та нервово стомлення, сприяє підвищенню уваги й покращенню координаційної діяльності. Медичні дослідження показали, що хороше освітлення також покращує діяльність дихальних органів, сприяючи покращенню поглинання кисню.

Напружена зорова робота внаслідок нераціонального освітлення може явитися причиною функціональних порушень в зоровому аналізаторі й привести до розладу зору, а в тяжких випадках – до повної його втрати.

Рівномірне розподілення яскравості в полі зору людини також має важливе значення для підтримки її працездатності. Якщо в полі зору постійно знаходяться поверхні, які значно відрізняються за яскравістю (освітленістю), то при переведенні погляду з сильно- на слабкоосвітлену поверхню око повинне переадаптовуватися. Часта переадаптація веде до розвитку втолюваності зору й ускладнює виконання виробничих операцій.

Виробничий шум. Одним із шкідливих факторів при роботі з ЕОМ виступає шум. *Шумом* є всякий небажаний для людини звук. Рівень шуму вимірюється в одиницях, що виражають ступінь звукового тиску – децибелах (дБ). В залежності від рівня та характеру шуму, його тривалості, а також від індивідуальних особливостей людини, шум може по-різному впливати на неї. Шум у 20-30 дБ практично нешкідливий для людини і являє собою природний звуковий фон, без якого неможливе життя. Шум з верхньою межею приблизно 80 дБ сприймається як голосний. Шум у 130 дБ уже

					171.4321.KP.ПЗ.Р4	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

викликає в людини болюче відчуття, а, досягши 150 дБ, стає для неї нестерпним.

Електробезпека. Аналіз травматизму серед працівників, професійна діяльність яких пов'язана з експлуатацією комп'ютерної та оргтехніки, показує, що значне місце посідають нещасні випадки, які пов'язані з впливом електричного струму. Електричні установки, до яких відноситься практично все устаткування ЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, адже в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічною небезпекою електроустановок є і те, що струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ та іншого устаткування, що опинилося під напругою в результаті ушкодження (пробою) ізоляції, не подають ніяких сигналів, котрі б попереджали людину про небезпеки. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини.

Електромагнітне випромінювання – це випромінювання від індукційних котушок, робочих конденсаторів, окремих елементів генераторів: котушок контурів і зв'язку, конденсаторів, підводячих ліній, трансформаторів, антен і ін. Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності впливу відповідного фактора, тривалості опромінення, характеру випромінювання, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, що опромінюється, і індивідуальних особливостей організму.

У залежності від діапазону частот в основу гігієнічного нормування електромагнітних випромінювань покладені різні принципи. Критерієм безпеки для людини, що знаходиться в електричному полі промислової частоти, прийнята напруженість цього поля.

При впливі ЕМП спостерігаються різні порушення регуляції фізіологічних функцій – ритму серця, кров'яного тиску, обмінних процесів і

					171.4321.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

т.д., або характер почуттєвих відчуттів: у людини – зорових, звукових, дотикальних.

При впливі на тіло людини СВЧ полів спостерігається підвищення температури до критичної величини (42°), що приводить до летального результату. Також спостерігається ряд глибоких порушень регуляторних процесів в організмі, що залежать не тільки від величини електромагнітної енергії, що перетвориться в теплову, але і від частоти ЕМП, від локалізації впливу і від фізіологічного стану.

Очі і насінники – органи, бідні кровоносними судинами. Отже, вони повинні сильніше нагріватися під дією ЕМП, чим органи, у яких можливий інтенсивний відвід тепла за рахунок посилення кровотока.

Виявлено, що при однократному опроміненні очей мікрохвилями (від 3 до 30 см), у результаті багаторазових опромінь (10 сеансів по 30 хвилин з інтенсивністю 150 мВт/см^2) і при хронічному (кілька років) впливі мікрохвиль з інтенсивністю трохи мВт/см^2 у кришталіку ока виникає помутніння (катаракта).

У результаті сильного опромінення енергією НВЧ може відбутися задусення. Постраждалої необхідно зробити штучне дихання, забезпечити швидке охолодження тіла і кисневе харчування. Варто підкреслити, що в людини немає органа почуттів, що вчасно попереджав би про небезпеці випромінювання. Через велику глибину проникнення електромагнітного випромінювання ніхто не повинний покладатися на дуже оманні теплові відчуття шкіри.

Для постійного магнітного поля максимальним рівнем на робочому місці є напруженість, що не повинна перевищувати 8 кА/м .

					171.4321.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпеки при роботі з автономними системами навігації

Виходячи з небезпек, описаних у розділі 4.2, можна зробити відповідні висновки и розробити заходи щодо забезпечення безпеки при роботі та пусконаладці для автономних систем навігації.

Для захисту очей від випромінювання монітору буде доречним використання комп'ютерних окулярів, режим роботи, який буде мати строго нормований графік знаходження перед монітором.

Для захисту робітників від ураження електричним струмом необхідно застосовувати відповідні засоби безпеки, такі як гумові рукавиці, захисне заземлення. Також необхідно періодично проводити інструктаж з техніки безпеки, а перед виконанням особливо небезпечних робіт – безпосередньо перед початком. Також робітники повинні постійно підвищувати свій професійний рівень навичок.

Для захисту від виробничого шуму необхідно комплексно вирішувати проблему шумоізоляції робочих приміщень, ізоляції джерел шуму, а у разі неможливості виконання вищеписаних процедур – використовувати шумоізоляційні навушники, обмежувати час знаходження під впливом виробничого шуму.

4.3. Перша допомога при електротравмах

Під визначенням першої допомоги в даному випадку мається на увазі оперативна ізоляція потерпілого від дії струму. Зокрема для цього потрібно знеструмити проводку або, у разі неможливості виконання цієї дії, вибити її у потерпілого з рук. Робити це необхідно будь-якими предметами, що не проводять струм, що дозволить убезпечити себе.

При відштовхуванні від джерела струму постраждалого, потрібно обережно вхопитися за його одяг, виключаючи можливість контакту з відкритими його частинами тіла. У разі неможливості виконання цієї дії

					171.4321.KP.ПЗ.Р4	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

використовуються гумові рукавички, нарешті, руки можна обмотати, використовуючи будь-який вовняний виріб. Щоб уникнути власної поразки краще встати на щось, що забезпечує ізоляцію, предмет (суха дошка, несинтетичних одяг, гума).

Далі переходять безпосередньо до надання першої допомоги при електротравмі, потрібно при значних ураженнях, тобто, при ураженні III або IV ступеня. Зокрема при таких ураженнях потрібна стимуляція серцевої діяльності, яка забезпечується за рахунок проведення потерпілому непрямого масажу серця в комплексі з штучним диханням «з рота в рот». Заходи ці підлягають реалізації до того моменту, поки потерпілий не опиниться в стані свідомості при одночасному відновленні дихальної та серцевої діяльності. Само собою зрозуміло, що припиняється надання такої допомоги і при ознаках, що вказують на біологічну смерть людини, постраждалого від поразки.

У разі дії струму в межах від 1000В і більше, будь-які дії, які полягають в наданні першої допомоги, проводяться виключно при використанні ізолюючого взуття та гумових рукавичок. Відповідним взуттям в цьому випадку стануть тапочки, чоботи гумові, кросівки з прогумованої підошвою.

При отриманні електротравми II-IV ступенів потерпілий, після наданої йому першої допомоги, повинен бути в обов'язковому порядку госпіталізований. Це також необхідність у лікуванні та спостереженні за його станом.

I ступінь, критичною не є, тому при виклику «швидкої допомоги», бригадою буде вирішено на місці питання щодо необхідності в госпіталізації потерпілого, а також про необхідність в амбулаторному лікуванні.

					171.4321.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Висновок

У розділі розглянуті питання, пов'язані з аналізом шкідливих та небезпечних виробничих факторів, впливові яких піддаються оператори, котрі задіяні при розробці та супроводженні розробленої автономної системи навігації для мобільної платформи.

Визначені шляхи вирішення цих проблем для покращення та створення безпечності умов праці обслуговуючого персоналу.

					171.4321.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В ході роботи над кваліфікаційною роботою на основі аналізу принципів побудови сучасних мобільних роботизованих систем навігації, було виявлено їх недоліки та запропоновано власний варіант подібної системи. Спосіб визначення положення у просторі, що включає у себе більшу кількість датчиків ніж у існуючих системах дозволяє більш точно позиціонувати систему.

Використання сучасних мікроконтролерів, а також спеціальних схемотехнічних рішень, дозволило максимально спростити апаратну частину приладу і перенести всю цифрову обробку сигналу на програмний рівень. Розроблена система являє собою систему реального часу з можливістю комп'ютерного керування.

Результатами виконання роботи є:

- аналітичний огляд принципів побудування мобільних роботизованих систем, на основі якого виявлено недоліки існуючих приладів;
- розробка технічної пропозиції на створення роботизованої мобільної платформи з використанням інфрачервоних датчиків;
- розробка алгоритму та створення керуючого програмного забезпечення, яке здійснює вимірювання сигналів з датчиків, на основі показань переміщує платформу та здійснює корекцію помилок переміщення у просторі.

Виконано розділ з охорони праці та охорони довкілля.

Кваліфікаційну бакалаврську роботу виконано повністю.

					171.4321.КР.ПЗ.Висновки	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Джек Грінфілд. Фабрики розробки програм (Software Factories): потокова збірка типових додатків, моделювання, структури та інструменти = Software Factories: Assembling Applications with Patterns, Models, Frameworks, and Tools. / Грінфілд Джек, Кіт Шорт, Стів Кук, Стюарт Кент, Джон Крупи. – М.: «Діалектика», 2006. – С. 592. – ISBN 978-5-8459-1181-0
2. Іан Коммервіллем Інженерія програмного забезпечення = Software Engineering. – 6-е вид. – М.: «Вільямс», 2002. – С. 642. – ISBN 5-8459-0330-0
3. Фу К. Робототехніка. Пер. с англ. / К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли. – М.: Мир, 1989. – 624 с. – ISBN 5-03-000805-5.
4. Попов Е. П., Основи робототехніки: Вступ до фаху. / Е.П. Попов, Г.В. Письмений. – К.: Вища школа, 1990. – 224 с. – ISBN 5-06-001644-7.
5. Шахинпур М. Курс робототехніки. Пер. с англ. / М. Шахинпур. – М.: Мир, 1990. – 527 с. – ISBN 5-03-001375-X.
6. Тягунов О. А. Математичні моделі і алгоритми керування промислових транспортних роботів. / О.А. Тягунов // – 2007. – Т. 5. – № 5. – С. 63–69.
7. Зенкевич С. Л. Основи керування маніпуляційними роботами. 2-е изд. / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. – К.: Наукова думка 2004. – 480 с. – ISBN 5-7038-2567-9.
8. Hirose S. Biologically Inspired Robots: Snake-Like Locomotors and Manipulators. – Oxford: Oxford University Press, 1993. – 240 p.

					171.4321.КР.ПЗ.Джерела	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Перелік елементів

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
Двигуни постійного струму			
DD1	Двигун FK480	1	
DD2	Двигун FK480	1	
DD3	Двигун FK480	1	
DD4	Двигун FK480	1	
Драйвери керування ДПС			
DA2	L293D	1	
DA3	L293D	1	
Резистори			
R1-R5	Резистор- 56кОм МЛТ-025	5	
R18	Резистор- 8.1 кОм МЛТ-025	1	
R19	Резистор- 4.3 кОм МЛТ-025	1	
R21, R15	Резистор- 10 кОм МЛТ-025	2	
R11, R8	Резистор- 10 кОм МЛТ-025	2	
R6, R10	Резистор- 10 кОм МЛТ-025	2	
R17, R13	Резистор- 330 Ом МЛТ-025	2	
R20	Резистор- 15 кОм	1	
R13	Резистор- 120 Ом МЛТ-025	1	
R14, R15	Резистор- 300 Ом МЛТ-025	2	
Конденсатори			
C1, C2	Конденсатори 22 пФ	2	
C3	Конденсатор 470 мкФ	1	
Ультразвуковий датчик			
Sonar1	HC-sr04	1	
Стабілізатори			
K1	Мікросхема LM7805	1	
Транзистори			
VT1	Транзистор BC547	2	
Кварцові резонатори			
X1	Кварцовий резонатор 8 МГц	1	
Мікросхеми			
DA4-DA6	Мікросхема LM311	3	
Мікроконтролери			
DD1	Мікроконтролер ATmega16	1	
Роз'єми			
I1-I4, J2	DG301, 2pin	1	
J1	WF-6, МТА-100	1	
J3	WF-4, МТА-100	1	
J5	PLS-14R1	1	
П'єзоелемент			
T1	BUZ-0512	1	
Світлодіоди			
VD2-VD4	АЛ107Б (зелений)	3	
VD1	АЛ107Б (червоний)	1	

ДОДАТОК Б

Текст програми для мікроконтролера

```
#include "iom16v.h"
#include "macros.h"

#define M2_STOP() PORTB&=~0b11000000
#define M2_F() PORTB|=0b01000000
#define M2_R() PORTB|=0b10000000

#define M1_STOP() PORTB&=~0b00110000
#define M1_F() PORTB|=0b00100000
#define M1_R() PORTB|=0b00010000

#define M3_STOP() PORTA&=~0b11000000
#define M3_F() PORTA|=0b10000000
#define M3_R() PORTA|=0b01000000

#define M4_STOP() PORTA&=~0b00110000
#define M4_F() PORTA|=0b00100000
#define M4_R() PORTA|=0b00010000

#define BUZZER_ON() PORTD|=0x80
#define BUZZER_OFF() PORTD&=~0x80

#define COLOR_ON() PORTA|=0b00000001
#define COLOR_OFF() PORTA&=~0b00000001

#define LED_ON() PORTA|=0b00000100
#define LED_OFF() PORTA&=~0b00000100
#define CHANGE_LED() PORTA^=0b00000100
#define DEFAULT 0
#define FIRE 1

char mode;
char fire_mode;
char sonar_mode;
char sonar_enable;
int distance;
char light_status;
char buzzer_status;
char blink_status;
char blink_mode;
char free_mode;
char magneto_mode;
int position;

void Trig(void);
void LightON(void);
void LightOFF(void);
```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

void MoveN(void);
void MoveNE(void);
void MoveNW(void);
void MoveE(void);
void MoveW(void);
void MoveS(void);
void MoveSE(void);
void MoveSW(void);
void Stop(void);
void RotateCW(void);
void RotateCCW(void);
void delay(int ms);
void init_cpu(void);
void SOS(void);
void FAFA(void);
void Blink(void);
void LeftLED_ON(void);
void LeftLED_OFF(void);
void RightLED_ON(void);
void RightLED_OFF(void);

#pragma interrupt_handler int1_isr:3
void int1_isr(void)
{
    //external interupt on INT1
    if(sonar_mode==1)
    {
        TCNT1H = 0; //reload counter high value
        TCNT1L = 0; //reload counter low value
        TIMSK = 0x04;
        TCCR1B = 0x02; //start Timer
        sonar_mode=2;
        GIFR|=0x80;
        MCUCR = 0x08;
        GICR = 0x80;
    }
    else if(sonar_mode==2)
    {
        TCCR1B = 0; //stop Timer
        TIMSK = 0;
        distance=TCNT1;
        TCNT1H=0;
        TCNT1L=0;
        sonar_mode=0;
        GIFR|=0x80;
        MCUCR = 0;
        GICR = 0;
    }
}

#pragma interrupt_handler timer1_ovf_isr:9
void timer1_ovf_isr(void)

```

```

{
    //TIMER1 has overflowed
    TCCR1B = 0; //stop Timer
    TIMSK = 0;
    TCNT1H = 0; //reload counter high value
    TCNT1L = 0; //reload counter low value
    sonar_mode=0;
    GIFR|=0x80;
    MCUCR = 0;
    GICR = 0;
    distance=655;
}

#pragma interrupt_handler uart0_rx_isr:12
void uart0_rx_isr(void)
{
    char d;
    char s[3];
    LED_ON();
    d=UDR;
    if(d=='M')
    {
        LightON();
        light_status=1;
        blink_status=0;
    }
    else if(d=='m')
    {
        LightOFF();
        light_status=0;
        blink_status=0;
    }
    else if(d=='N') COLOR_ON();
    else if(d=='n') COLOR_OFF();
    else if(d=='B')
    {
        BUZZER_ON();
        buzzer_status=1;
    }
    else if(d=='b')
    {
        BUZZER_OFF();
        buzzer_status=0;
    }
    else if(d=='K')
    {
        blink_status=1;
        light_status=0;
    }
    else if(d=='k')
    {
        blink_status=0;
    }
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

    light_status=0;
}
else if(d=='R')
{
    Stop();
    delay(100);
    RotateCCW();
}
else if(d=='T')
{
    Stop();
    delay(100);
    RotateCW();
}
else if(d=='Q')
{
    Stop();
    delay(100);
    MoveNW();
}
else if(d=='W')
{
    Stop();
    delay(100);
    MoveN();
}
else if(d=='E')
{
    Stop();
    delay(100);
    MoveNE();
}
else if(d=='A')
{
    Stop();
    delay(100);
    MoveW();
}
else if(d=='S')
{
    Stop();
    delay(100);
    free_mode=0;
}
else if(d=='D')
{
    Stop();
    delay(100);
    MoveE();
}
else if(d=='Z')
{

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

    Stop();
    delay(100);
    MoveSW();
}
else if(d=='X')
{
    Stop();
    delay(100);
    MoveS();
}
else if(d=='C')
{
    Stop();
    delay(100);
    MoveSE();
}
else if(d=='F')
{
    if(fire_mode==0) fire_mode=FIRE;
    else fire_mode=0;
}
else if(d=='G')
{
    if(sonar_enable==0) sonar_enable=1;
    else sonar_enable=0;
}
else if(d=='U')
{
    if(magneto_mode==0)
    {
        magneto_mode=1;
        position=distance;
    }
    else
    {
        magneto_mode=0;
        Stop();
    }
}
else if(d=='P')
{
}
else if(d=='H')
{
    if(free_mode==0) free_mode=1;
    else free_mode=0;
}
else if(d=='J')
{
    s[0]=distance/58;
    s[1]=183;
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

    if((PINA&0b00000010)!=0) s[2]='1';
    else s[2]='0';
    UDR=s[0];
    while(!(UCSRA&(1<<UDRE)));
    UDR=s[1];
    while(!(UCSRA&(1<<UDRE)));
    UDR=s[2];
    while(!(UCSRA&(1<<UDRE)));
}

delay(5);
LED_OFF();
}

void Trig()
{
    char c;
    int tmp=0;
    sonar_mode=1;
    distance=0;
    PORTD|=0b01000000;
    for(c=0;c<18; c++);
    PORTD&=~0b01000000;

    /*
    GIFR|=0x80;
    MCUCR = 0x0C;
    GICR  = 0x80;

    TCNT1H = 0; //reload counter high value
    TCNT1L = 0; //reload counter low value
    TIMSK = 0x04;
    TCCR1B = 0x02; //start Timer
    */

    while((PIND&0b00001000)==0)
    {
        tmp++;
        if(tmp>2000) return;
    }
    while((PIND&0b00001000)!=0)
    {
        NOP();
        NOP();
        NOP();
        NOP();
        NOP();
        NOP();
        distance++;
    }

    /*

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

        UDR=distance/10000+'0';
        while(! (UCSRA&(1<<UDRE)));
        UDR=(distance%10000)/1000+'0';
        while(! (UCSRA&(1<<UDRE)));
        UDR=((distance%10000)%1000)/100+'0';
        while(! (UCSRA&(1<<UDRE)));
        UDR=(( (distance%10000)%1000)%100)/10+'0';
        while(! (UCSRA&(1<<UDRE)));
        UDR=(( (distance%10000)%1000)%100)%10+'0';
        while(! (UCSRA&(1<<UDRE)));
        UDR='\n';
        while(! (UCSRA&(1<<UDRE)));
    */

}

void LightON()
{
    PORTC|=0x01;
    PORTD|=0b00100000;
}

void LightOFF()
{
    PORTC&=~0x01;
    PORTD&=~0b00100000;
}

void MoveN()
{
    M1_F();
    M2_F();
    M3_F();
    M4_F();
}

void MoveS()
{
    M1_R();
    M2_R();
    M3_R();
    M4_R();
}

void MoveW()
{
    M1_F();
    M2_R();
    M3_R();
    M4_F();
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

void MoveE()
{
    M1_R();
    M2_F();
    M3_F();
    M4_R();
}

void MoveNW()
{
    M1_F();
    M4_F();
}

void MoveNE()
{
    M2_F();
    M3_F();
}

void MoveSW()
{
    M2_R();
    M3_R();
}

void MoveSE()
{
    M1_R();
    M4_R();
}

void RotateCW()
{
    M1_R();
    M2_R();
    M3_F();
    M4_F();
}

void RotateCCW()
{
    M1_F();
    M2_F();
    M3_R();
    M4_R();
}

void Stop()
{
    PORTB&=~0b11110000;
    PORTA&=~0b11110000;
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

}

void delay(int ms)
{
    int c1, c2;
    for(c1=0;c1<ms;c1++)
    {
        for(c2=0;c2<970;c2++) NOP();
    }
}

void init_cpu()
{
    DDRA=0b11110101;
    DDRB=0b11110000;
    DDRC=0b00000001;
    DDRD=0b11110000;

    PORTA=0;
    PORTB=0;
    PORTC=0;
    PORTD=0;

    UBRRL = 47; //set baud 9600
    UBRRH = 0x00; //set baud rate hi
    UCSRB = 0x98; // enable RX interrupt

    mode=0;
    fire_mode=0;
    sonar_mode=0;
    distance=655;
    sonar_enable=0;
    light_status=0;
    buzzer_status=0;
    blink_status=0;
    blink_mode=0;
    free_mode=0;
    magneto_mode=0;
    position=0;

    SEI();
}

void SOS()
{
    BUZZER_ON();
    delay(50);
    BUZZER_OFF();
    delay(80);
    BUZZER_ON();
    delay(50);
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

        BUZZER_OFF();
        delay(80);
        BUZZER_ON();
        delay(50);
        BUZZER_OFF();
        delay(150);

        BUZZER_ON();
        delay(150);
        BUZZER_OFF();
        delay(80);
        BUZZER_ON();
        delay(150);
        BUZZER_OFF();
        delay(80);
        BUZZER_ON();
        delay(150);
        BUZZER_OFF();
        delay(150);

        BUZZER_ON();
        delay(50);
        BUZZER_OFF();
        delay(80);
        BUZZER_ON();
        delay(50);
        BUZZER_OFF();
        delay(80);
        BUZZER_ON();
        delay(50);
        if(buzzer_status==0) BUZZER_OFF();
    }

void FAFA()
{
    BUZZER_ON();
    delay(80);
    BUZZER_OFF();
    delay(80);
    BUZZER_ON();
    delay(80);
    if(buzzer_status==0) BUZZER_OFF();
    delay(80);

    LightON();
    delay(60);
    LightOFF();
    delay(60);
    LightON();
    delay(60);
    LightOFF();
    delay(60);
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

    LightON();
    delay(60);
    if(light_status==0) LightOFF();
}

void Blink()
{
    if(blink_mode==0)
    {
        blink_mode=1;
        LeftLED_ON();
        delay(50);
        LeftLED_OFF();
        delay(50);
        LeftLED_ON();
        delay(50);
        LeftLED_OFF();
    }
    else if(blink_mode==1)
    {
        blink_mode=0;
        RightLED_ON();
        delay(50);
        RightLED_OFF();
        delay(50);
        RightLED_ON();
        delay(50);
        RightLED_OFF();
    }
}

void LeftLED_ON()
{
    PORTC|=0x01;
}

void LeftLED_OFF()
{
    PORTC&=~0x01;
}

void RightLED_ON()
{
    PORTD|=0b00100000;
}

void RightLED_OFF()
{
    PORTD&=~0b00100000;
}

void main()

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

{
  int dir=0;
  int time1=1000;
  int time2=100;
  int cnt=0;
  char prev_mode=0;
  init_cpu();
  //delay(2000);

  while(1)
  {
    /*
      MoveN();
      delay(3000);
      Stop();

      MoveE();
      delay(3000);
      Stop();

      MoveS();
      delay(3000);
      Stop();

      MoveW();
      delay(3000);
      Stop();

      RotateCW();
      delay(3000);
      Stop();

      RotateCCW();
      delay(3000);
      Stop();

      LightON();
      delay(200);
      LightOFF();
      delay(200);

      LightON();
      delay(200);
      LightOFF();
      delay(200);

      LightON();
      delay(200);
      LightOFF();
      delay(200);

      BUZZER_ON();

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

delay(200);
BUZZER_OFF();
delay(100);
BUZZER_ON();
delay(200);
BUZZER_OFF();

delay(2000);
*/

delay(300);
Trig();

if(fire_mode==FIRE)
{
    if((PINA&0b00000010)!=0)
    {
        SOS();
    }
}

if(sonar_enable==1)
{
    //Trig();
    if(distance<300)
    {
        Stop();
        FAFA();
    }
}

if(blink_status==1)
{
    Blink();
}

if(free_mode==1)
{
    //Trig();
    if((distance<400) || (cnt>time2))
    {
        cnt=0;
        Stop();
        if(free_mode==1) delay(500);
        if(free_mode==1)
        {
            dir=rand()%2;
            time1=(rand()%100)*30+1000;
            time2=(rand()%100)*70+3000;
            if(dir==0) RotateCW();
            else if(dir==1) RotateCCW();
            delay(time1);
        }
    }
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

    }
    Stop();
    if (free_mode==1) delay(500);
    if (free_mode==1) MoveN();
    }
    cnt=cnt+300;
}
else
{
    cnt=0;
}

if (magneto_mode==1)
{
    if ((signed int) (position-distance)>25)
    {
        if (prev_mode==2)
        {
            Stop();
            delay(50);
        }
        MoveS();
        prev_mode=1;
    }
    else if ((signed int) (position-distance)<(-25))
    {
        if (prev_mode==1)
        {
            Stop();
            delay(50);
        }
        MoveN();
        prev_mode=2;
    }
    else
    {
        Stop();
        delay(50);
        prev_mode=0;
    }
}
}
}

```

					171.4321.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		