

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система дистанційного моніторингу рівня
заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-42
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Мандзюк М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тили Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Бревус В.М.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«27» січня 2025 р

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Мандзюку Максиму Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій

Керівник роботи Луцик Надія Степанівна, PhD, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання системи

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Мандзюк М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Луцук Н.С.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мандзюк М.В. Комп'ютеризована система дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій: робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: IoT, дистанційний моніторинг, сміттєві контейнери, ультразвуковий давач, WiFi-модуль, хмарна платформа.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT-технологій. На початковому етапі було проаналізовано технічне завдання та сформульовано вимоги до системи, зокрема щодо методів вимірювання рівня заповненості, способів передачі даних та автоматизації взаємодії з користувачем.

Проведено огляд існуючих рішень для моніторингу сміттєвих контейнерів, що дозволило обґрунтувати вибір апаратної складової системи. Розроблено апаратне забезпечення, яке включає мікроконтролер, ультразвукові давачі та бездротовий модуль передачі даних. Вибір елементної бази здійснено з урахуванням енергоспоживання, точності вимірювань та надійності.

Створено алгоритм роботи системи та розроблено програмне забезпечення для обробки даних, їх передачі на хмарну платформу та візуалізації. Проведено тестування системи, перевірено її працездатність у реальних умовах. Отримані результати підтверджують ефективність розробленого рішення для автоматизованого контролю заповненості контейнерів та оптимізації збору відходів.

ANNOTATION

Mandziuk M.V. IoT technologies based computerized system for remote monitoring of city waste container fill levels. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: IoT, remote monitoring, garbage containers, ultrasonic sensor, WiFi module, cloud platform.

The qualification work is devoted to the development of a computerized system for remote monitoring of the level of occupancy of city garbage containers based on IoT technologies. At the initial stage, the terms of reference were analyzed and the requirements for the system were formulated, in particular, methods for measuring the level of occupancy, data transmission methods, and automation of user interaction.

A review of existing solutions for monitoring garbage containers was conducted, which allowed us to justify the choice of the system's hardware component. The hardware, which includes a microcontroller, ultrasonic sensors, and a wireless data transmission module, was developed. The choice of the element base was made taking into account power consumption, measurement accuracy, and reliability.

The system algorithm was created and software for data processing, data transfer to the cloud platform, and visualization was developed. The system was tested and its performance was verified in real conditions. The obtained results confirm the effectiveness of the developed solution for automated control of container fullness and optimization of waste collection.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд сфер застосування системи моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів.....	10
1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів	11
1.3 Огляд існуючих засобів для дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста	12
1.3.1 Система розумних сміттєвих контейнерів BigBelly SmartBin.....	13
1.3.2 Система контролю рівня заповнення відходів Sensoneo.....	13
1.3.3 Система GPSM Eco Track	14
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	19
2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста.....	19
2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи	20
2.2.1 Мікроконтролерний модуль NodeMCU	20
2.2.2 Давач відстані HC-SR04	22
2.2.3 Сервопривід DS3115	24
2.2.4 LCD дисплей 1602	27
2.3 Розробка електричної схеми пристрою	29
2.4 Обґрунтування вибору середовища розробки.....	30
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	33
3.1 Розробка алгоритму роботи системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій	33

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розробив		Мандзюк М.В.									
Перевірив		Луцик Н.С.								5	76
Рецензент		Бревус В.М.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42			
Н. Контр.		Тиш Е.В.									
Зав. каф.		Осуківська Г.М.									

3.2 Розробка програмного забезпечення.....	35
3.2.1 Опис використаних бібліотек	35
3.2.2 Підпрограма setup()	37
3.2.3 Підпрограма loop()	38
3.3 Реалізація дистанційного моніторингу за допомогою платформи Blynk	40
3.3.1 Опис платформи Blynk	40
3.3.2 Опис процесу налаштування акаунту на платформі Blynk	42
3.4 Результати моделювання системи	43
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Заходи безпеки при експлуатації електроустановок	46
4.2 Заходи щодо захисту обладнання від короткого замикання	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Перелік елементів

Додаток В Лістинг програми

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- IoT – Internet of Things;
- КС – комп’ютеризована система;
- МК – мікроконтролер;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- СК – сміттєвий контейнер;
- ХП – хмарна платформа.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Однією з актуальних проблем сучасних міст є оптимізація процесу збору та вивезення твердих побутових відходів. Неефективне планування маршрутів сміттєвозів та несвоєчасне спорожнення контейнерів призводять до перевантаження сміттєвих майданчиків, забруднення навколишнього середовища та незручностей для мешканців. Водночас надмірний вивіз контейнерів, які ще не заповнені, спричиняє зайві витрати ресурсів та пального. Впровадження сучасних технологій дистанційного моніторингу дозволяє значно покращити ситуацію, забезпечуючи своєчасне інформування про рівень заповненості контейнерів та автоматизацію процесу їх використання.

У зв'язку з цим актуальною є задача розроблення комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів на основі IoT-технологій. Така система дозволить не лише оперативно контролювати стан контейнерів, а й автоматизувати процес їх використання, наприклад, відкривати кришку контейнера при наближенні людини за умови наявності вільного місця.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповнення сміттєвих контейнерів із використанням IoT-технологій, яка забезпечить точний контроль заповненості, передачу даних на хмарну платформу для подальшого аналізу, а також автоматизоване керування доступом до контейнера.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- вивчити існуючі підходи до моніторингу заповненості сміттєвих контейнерів та визначити їхні недоліки;
- сформулювати технічні вимоги до проєктованої системи на основі аналізу проблеми та особливостей експлуатації;
- дослідити існуючі рішення та обґрунтувати вибір апаратної та програмної складової системи;

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- спроектувати схему роботи пристрою, вибрати та обґрунтувати елементну базу;
- створити алгоритм функціонування системи, розробити програмний код для керування пристроєм та передачі даних на хмарну платформу;
- провести моделювання розробленої системи, та оцінити її ефективність.

Розроблена система сприятиме підвищенню ефективності збору відходів, оптимізації маршрутів вивезення сміття та автоматизації процесів використання контейнерів, що є важливим завданням для покращення екологічного стану міста.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд сфер застосування системи моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів

Системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів є важливим компонентом сучасної міської інфраструктури, спрямованим на підвищення ефективності збору та утилізації твердих побутових відходів. Їх застосування дозволяє зменшити витрати на вивезення сміття, оптимізувати логістику сміттєзбиральних машин і мінімізувати негативний вплив відходів на довкілля.

Основною сферою застосування таких систем є комунальні служби великих міст, де контроль за рівнем заповненості контейнерів дає можливість уникнути їх переповнення або, навпаки, недоцільних виїздів спецтранспорту. Це не лише економить ресурси, а й сприяє покращенню санітарної ситуації у містах, запобігаючи накопиченню сміття у громадських місцях.

Ще однією важливою сферою є житлово-комунальні підприємства, які обслуговують багатоповерхові будинки та приватний сектор. У таких умовах моніторинг заповненості контейнерів дозволяє ефективно планувати маршрути сміттєзбирального транспорту, зменшуючи витрати на паливе та скорочуючи навантаження на дороги.

Комерційні підприємства, торгові центри та промислові об'єкти також можуть використовувати такі системи для контролю рівня заповненості контейнерів на своїй території. Це дає змогу запобігти накопиченню відходів та організувати їх вчасне вивезення, що особливо важливо для підприємств, які працюють з харчовими продуктами або хімічними речовинами.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз технічного завдання		
Розробив		Мандзюк М.В.					
Перевірив		Луцук Н.С.					
Рецензент		Бревує В.М.					
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Зав. каф.		Осуківська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						10	9
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42		

Крім того, комп'ютеризовані системи дистанційного моніторингу можуть бути корисними для муніципальних екологічних служб та організацій, які займаються роздільним збором відходів. Автоматизований збір даних про заповненість контейнерів для пластику, скла чи паперу сприяє ефективнішій переробці вторинної сировини та стимулює населення до екологічно відповідальної поведінки.

Отже, застосування таких систем дозволяє підвищити рівень комфорту мешканців, зменшити витрати муніципальних служб та комерційних підприємств, а також покращити екологічну ситуацію у містах. Використання IoT-технологій для збору та обробки інформації відкриває широкі можливості для подальшої автоматизації процесів управління відходами, роблячи цей процес більш ефективним та адаптивним до потреб сучасного міста.

1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів

Розробка комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів потребує визначення низки вимог, що забезпечують її ефективне функціонування в міських умовах. Основні вимоги можна розділити на функціональні, технічні, комунікаційні та експлуатаційні.

Функціональні вимоги визначають, які завдання має виконувати система. Головною функцією є визначення рівня заповненості контейнера в режимі реального часу за допомогою датчиків відстані та передача цих даних на віддалену IoT-платформу для подальшого аналізу. Крім того, система повинна забезпечувати автоматичне відкривання кришки контейнера при наближенні людини, якщо рівень заповненості не перевищує певного порогу. У разі повного заповнення контейнера механізм відкривання кришки має бути заблокованим. Також необхідно реалізувати локальне візуальне відображення рівня заповненості контейнера, наприклад, за допомогою світлодіодної індикації або LCD-дисплея.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні вимоги охоплюють параметри компонентів системи. Давач рівня заповненості повинен мати високу точність вимірювань і працювати в різних погодних умовах. Оптимальним вибором є ультразвукові давачі, які мають достатню точність та не залежать від кольору чи прозорості сміття. Мікроконтролер, що керує системою, повинен мати достатньо ресурсів для обробки сигналів від давачів, управління сервоприводом і зв'язку з хмарною платформою через WiFi-модуль. Живлення системи має бути економним, з можливістю роботи від акумулятора або сонячної батареї.

Комунікаційні вимоги передбачають бездротовий зв'язок для передавання даних у хмарне середовище. Використання WiFi є доцільним через його поширеність та можливість передавання великих обсягів даних. Додатково можна розглянути резервний варіант зв'язку, наприклад, LoRaWAN або GSM, для роботи в умовах нестабільного WiFi-покриття.

Експлуатаційні вимоги включають стійкість до впливу навколишнього середовища, зокрема вологи, пилу та перепадів температур. Корпус пристрою повинен мати захист не нижче IP65. Також необхідно передбачити простоту монтажу, технічного обслуговування та оновлення ПЗ системи. Отже, визначені вимоги формують основу для подальшої розробки системи, забезпечуючи її надійну роботу в реальних умовах.

1.3 Огляд існуючих засобів для дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста

Сучасні системи моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів активно впроваджуються в багатьох містах світу з метою оптимізації збору відходів та зменшення витрат на логістику. Вони базуються на різних технологічних підходах, зокрема використанні бездротових давачів, хмарних платформ та алгоритмів прогнозування заповненості. Розглянемо кілька популярних комерційних рішень.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3.1 Система розумних сміттєвих контейнерів BigBelly SmartBin

BigBelly SmartBin – це одна з найвідоміших систем розумних сміттєвих контейнерів, яка інтегрує сонячну панель для автономного живлення та має вбудований прес для ущільнення сміття [1]. Контейнер передає дані про рівень заповненості через GSM-мережу на централізовану платформу управління відходами (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Система розумних сміттєвих контейнерів Bigbelly SmartBin

Основні недоліки цієї системи: висока вартість впровадження, обмежена масштабованість через складність інтеграції з іншими контейнерами, залежність від мобільного зв'язку та можливі перебої в роботі під час тривалого поганого освітлення.

1.3.2 Система контролю рівня заповнення відходів Sensoneo

Sensoneo Smart Waste Management – це система, що використовує ультразвукові датчики для моніторингу рівня заповненості та підтримує різні методи передавання даних (LoRaWAN, NB-IoT, GSM) [2]. Вона забезпечує аналітику та прогнозування завдяки спеціальному програмному забезпеченню (рис. 1.2).

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Система контролю рівня заповнення відходів Sensoneo

До недоліків цієї системи можна віднести дорогі датчі, необхідність додаткових шлюзів для LoRaWAN, що ускладнює встановлення в районах без відповідної інфраструктури, а також можливе зниження точності вимірювань при роботі з нерівномірними відходами.

1.3.3 Система GPSM Eco Track

Одним із сучасних комерційних рішень, яке може розглядатися як аналог проектованої системи дистанційного моніторингу заповненості смітєвих контейнерів, є система GPSM Eco Track, що пропонується українською компанією GPSM [3]. Дана система призначена для організації ефективного контролю за вивезенням побутових відходів та рівнем заповнення контейнерів у реальному

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

часі. Її впровадження орієнтоване переважно на потреби муніципалітетів, керуючих компаній, ОСББ та приватних підприємств, які забезпечують обслуговування сміттєзбірної інфраструктури (рис. 1.3).

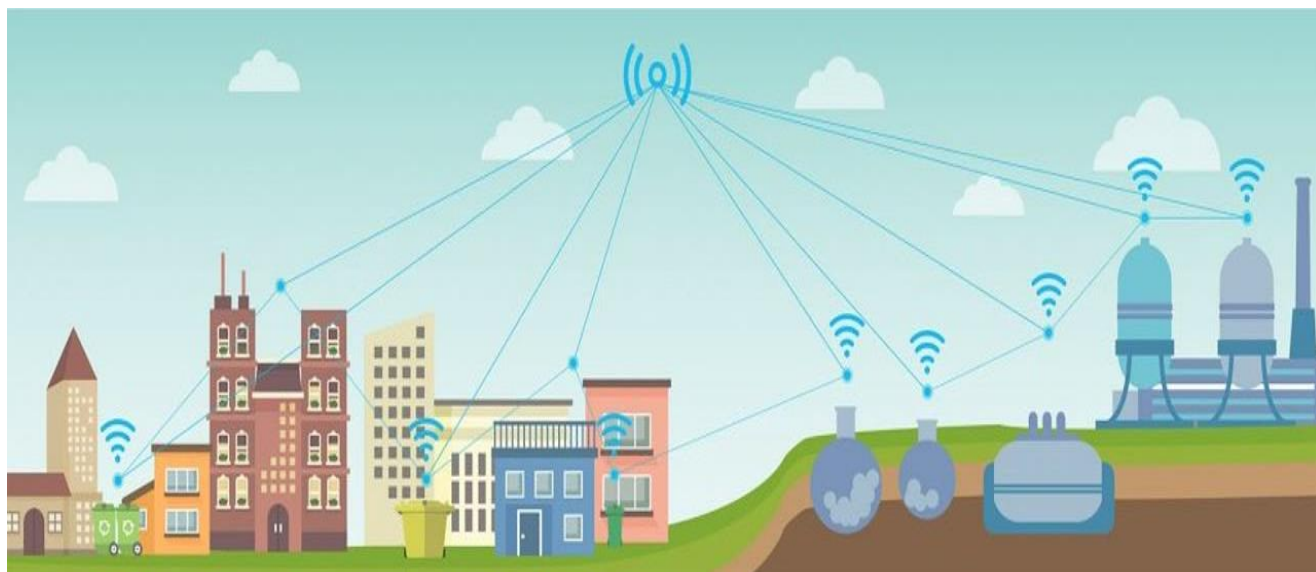


Рисунок 1.3 – Система GPSM Eco Track

Основними компонентами системи GPSM Eco Track є спеціалізовані давачі наповнення, які встановлюються безпосередньо в контейнерах, GPS-модулі для відстеження переміщення контейнерів або сміттєвозів, а також централізоване програмне забезпечення для обробки та візуалізації зібраних даних. Інформація про заповненість контейнерів та виконання графіка вивозу відходів передається через мобільні мережі до серверів провайдера, де вона накопичується, обробляється та відображається у зручному вебінтерфейсі або мобільному додатку. Користувачі мають можливість бачити рівень заповненості кожного контейнера, формувати звіти, налаштовувати автоматичні сповіщення та оптимізовувати логістику сміттєвозів.

До переваг системи GPSM Eco Track можна віднести високу масштабованість, готовність до промислового застосування, підтримку GPS/GLONASS моніторингу, а також централізовану аналітику та підтримку декількох типів користувачів із різними правами доступу. Вона також дозволяє фіксувати факти вивезення сміття й порушення встановленого графіка, що є

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

важливим інструментом у протидії недобросовісному виконанню зобов'язань підрядниками.

Разом з тим, у порівнянні з функціоналом майбутньої проєктованої системи, система GPSM Eco Track має деякі обмеження. Зокрема, вона не передбачає інтерактивної взаємодії з користувачем біля контейнера, як-от автоматичне відкривання кришки при наближенні людини. Крім того, система орієнтована на централізовану інфраструктуру та вимагає наявності GSM-зв'язку. Також варто зазначити, що GPSM Eco Track є платною комерційною системою з щомісячною абонплатою, що може бути недоцільним для соціальних проєктів з обмеженим фінансуванням.

Враховуючи наведений аналіз, при проєктуванні власної системи доцільно врахувати переваги аналога, зокрема використання бездротової передачі даних, відображення інформації в хмарному середовищі та інтеграцію з мобільними пристроями. Водночас, варто орієнтуватися на підвищення доступності системи, розширення її функціональності за рахунок локальної взаємодії (індикація на дисплеї, автоматичне відкриття кришки тощо) та можливість адаптації для використання в умовах із відсутнім або нестабільним зв'язком. Усе це формує вимоги до майбутньої розробки й допомагає визначити напрями вдосконалення концепції інтелектуального сміттевого контейнера.

Результати аналізу показують, що основними недоліками існуючих систем є висока вартість, залежність від мобільних мереж, складність інтеграції з іншими платформами та обмежена енергоефективність. Це вказує на доцільність розробки більш доступного та універсального рішення, яке можна легко адаптувати до міських умов із мінімальними витратами на інфраструктуру.

1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Завдання кваліфікаційної роботи полягає в розробці автоматизованої системи контролю рівня заповненості сміттевого контейнера з можливістю дистанційного моніторингу через мережу Інтернет та інтерактивною взаємодією з

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

користувачем. Для цього необхідно розглянути існуючі технічні рішення, обрати оптимальні способи реалізації виявлення заповненості, передачі даних, локальної індикації та автоматичного керування механічними елементами контейнера.

Одним із ключових завдань є визначення рівня заповнення контейнера. Для цього доцільно використовувати ультразвукові давачі відстані, які здатні вимірювати дистанцію до сміття від верхньої частини контейнера. Це недорогий та надійний метод, що дозволяє з достатньою точністю оцінити заповненість. Як альтернатива, можна розглядати давачі маси або оптичні сенсори, однак перші вимагають складнішого монтажу і калібрування, а другі — менш стійкі до пилу та забруднень. З огляду на це, найдоцільнішим є вибір ультразвукових сенсорів для вертикального вимірювання рівня заповнення.

Для визначення присутності користувача біля контейнера з метою автоматичного відкриття кришки також доцільно використовувати окремий ультразвуковий або інфрачервоний сенсор. Такий підхід забезпечує просту реалізацію логіки взаємодії: у разі виявлення людини на близькій відстані та наявності вільного місця в контейнері, сервомеханізм відкриває кришку.

У якості виконавчого пристрою обґрунтовано застосувати сервопривід, який має компактні розміри, низьке енергоспоживання та можливість точно позиціонувати кришку. З огляду на те, що конструкція контейнера не потребує великої сили, стандартні серводвигуни типу DS3115 або аналогічні є цілком придатними для реалізації цієї задачі.

Для візуалізації стану системи безпосередньо на пристрої пропонується використовувати LCD-дисплей з інтерфейсом I²C. Він дозволить відображати поточний рівень заповнення, повідомлення про повний контейнер або інформацію про відкриття кришки, що є зручним для користувача. Завдяки використанню інтерфейсу I²C дисплей легко інтегрується в мікроконтролерну систему з мінімальною кількістю з'єднань.

Для передачі даних у хмару й реалізації функцій дистанційного моніторингу варто використати модуль ESP8266, який забезпечує доступ до Wi-Fi-мережі. Платформа Blynk розглядається як зручний засіб візуалізації показників у

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мобільному застосунку, а також для надсилання повідомлень користувачеві в разі перевищення порогового рівня заповнення або відкриття кришки. У разі відсутності Wi-Fi у майбутньому можливе розширення системи за допомогою GSM-модулів.

Аналіз можливих рішень засвідчив доцільність побудови системи на основі мікроконтролера з Wi-Fi, ультразвукових сенсорів, сервоприводу та LCD-дисплея з інтерфейсом I²C. Це дозволить реалізувати інтелектуальну систему з локальною індикацією, автоматичним керуванням механічними елементами та дистанційним моніторингом стану контейнера через хмарний сервіс. Обрані компоненти є доступними за вартістю, легко інтегруються між собою та забезпечують гнучкість подальшого вдосконалення системи.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста

Структурна схема системи (рис. 2.1) включає два ультразвукові датчі відстані. Перший розміщується у верхній частині контейнера та орієнтований вертикально вниз — він вимірює відстань до сміття та дозволяє розрахувати відсоток заповненості. Другий датч встановлюється ззовні та орієнтований горизонтально — його завдання полягає у виявленні наближення людини до контейнера для ініціації відкриття кришки, якщо рівень заповненості не перевищує допустимий поріг.

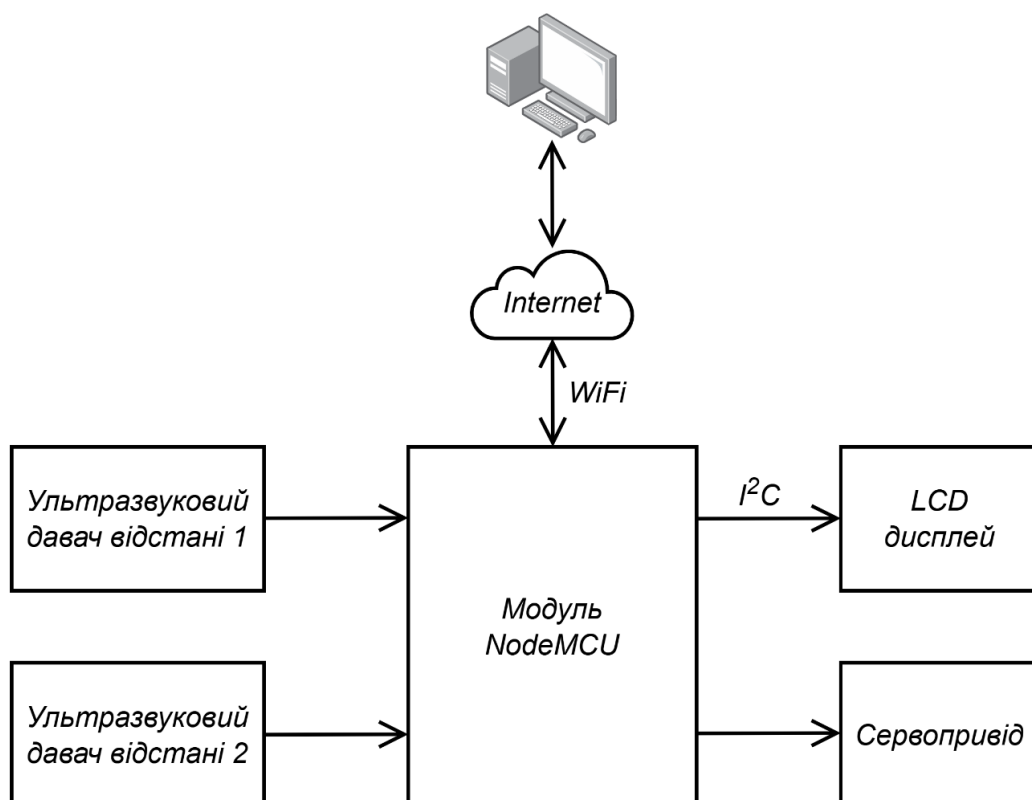


Рисунок 2.1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектна частина		
Розробив	Мандзюк М.В.						
Перевірив	Луцук Н.С.						
Рецензент	Бревує В.М.						
Н. Контр.	Тиш Є.В.						
Зав. каф.	Осуківська Г.М.						
					Літ.	Арк.	Акресів
						19	14
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42		

Центральним елементом системи є мікроконтролерний модуль NodeMCU на базі ESP8266, який виконує роль керуючого пристрою. Він зчитує дані з обох ультразвукових давачів, обробляє інформацію, керує виконавчим механізмом та здійснює зв'язок з IoT-платформою за допомогою Wi-Fi-з'єднання.

У якості виконавчого елемента використовується сервопривід, який відкриває або закриває кришку сміттового контейнера. NodeMCU подає відповідний сигнал на сервопривід, якщо давач присутності зафіксував людину біля контейнера, а рівень заповненості не досяг критичного значення.

Для локального відображення інформації в системі використовується LCD-дисплей, який підключений через модуль розширення з інтерфейсом I²C, що суттєво зменшує кількість задіяних виводів мікроконтролера. На дисплеї відображаються повідомлення про поточний відсоток заповнення контейнера, статус кришки та інші повідомлення для користувача.

Передача інформації про рівень заповнення контейнера, факт відкриття кришки, а також інші події здійснюється на хмарну платформу. Користувач має змогу в реальному часі спостерігати за станом контейнера через мобільний додаток або вебпортал Blynk. Дані оновлюються автоматично через Wi-Fi без необхідності фізичного доступу до пристрою.

Отже, структура системи забезпечує повноцінний цикл автоматичного збору, обробки, індикації та передавання даних, що дозволяє значно підвищити ефективність управління сміттєвими контейнерами у міському середовищі. Обрана конфігурація компонентів є гнучкою, енергоефективною та зручною для подальшої масштабованості або адаптації до інших типів контейнерів і сценаріїв використання.

2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи

2.2.1 Мікроконтролерний модуль NodeMCU

Модуль NodeMCU на базі чипа ESP8266 є одним із найпопулярніших рішень для створення пристроїв Інтернету речей [4], завдяки своїй функціональності,

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

малій ціні, енергоефективності та наявності вбудованого Wi-Fi модуля. У контексті розробки комп'ютеризованої системи для дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів, вибір саме NodeMCU є цілком виправданим через його технічні можливості та зручність у використанні (рис. 2.2).

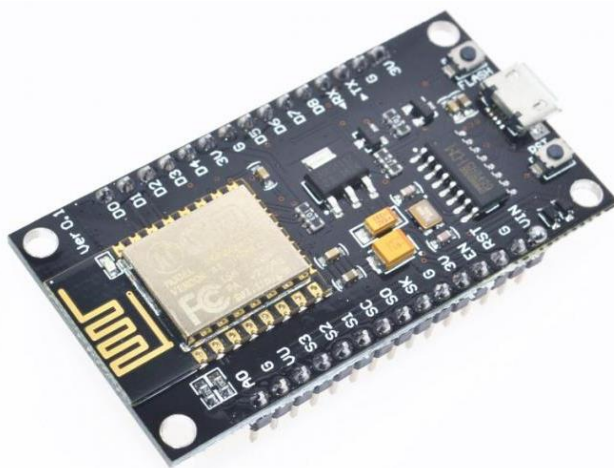


Рисунок 2.2 – Модуль NodeMCU

NodeMCU являє собою плату, до складу якої входить мікроконтролер ESP8266, що поєднує у собі центральний процесор, модуль оперативної пам'яті та Wi-Fi модуль. Сам мікроконтролер працює на архітектурі Tensilica L106, має достатній обсяг флеш-пам'яті та ОЗП для реалізації більшості стандартних завдань IoT. Плата містить набір цифрових портів (GPIO), інтерфейси UART, SPI, I²C та PWM, що дозволяє підключати широкий спектр периферійних пристроїв – зокрема датчики, актуатори та інші модулі. Підключення до ПК або живлення реалізується через microUSB-порт. Також є вбудований перетворювач USB-UART, що значно спрощує прошивку та налагодження.

NodeMCU підтримує середовище програмування Arduino IDE, що робить розробку програмного забезпечення зручною навіть для початківців. Крім того, модуль може працювати як точка доступу або як клієнт Wi-Fi-мережі, а отже забезпечує гнучке конфігурування і передачу даних до хмарних або локальних серверів без використання додаткових маршрутизаторів чи шлюзів.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

В табл. 2.1 наведено основні технічні характеристики NodeMCU.

Таблиця 2.1 – Характеристики NodeMCU

Характеристика	Значення
Процесор	Tensilica L106 32-bit, 80/160 МГц
Flash-пам'ять	4 МБ
Оперативна пам'ять (RAM)	64 КБ інструкцій, 96 КБ даних
Wi-Fi	802.11 b/g/n, підтримка WPA/WPA2
GPIO-піни	До 11 цифрових входів/виходів
Аналоговий вхід (ADC)	1 (0–1 В)
Інтерфейси	UART, SPI, I2C, PWM
Напруга живлення	3,3 В (через стабілізатор – до 5 В через USB)
USB-інтерфейс	MicroUSB
Споживання струму	Від 20 мА до 170 мА в залежності від режиму

Вибір модуля NodeMCU для створення комп'ютеризованої системи моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів пояснюється його здатністю забезпечувати надійне з'єднання з мережею Інтернет, достатньою продуктивністю для обробки даних від датчиків та можливістю легко інтегруватися в розподілену IoT-архітектуру. Його енергоефективність та компактні розміри дозволяють реалізовувати мобільні або автономні рішення, які можуть працювати на батарейному живленні тривалий час. Завдяки великій спільноті розробників, існує багато прикладів коду, бібліотек і документації, що спрощує розробку та впровадження системи.

2.2.2 Давач відстані HC-SR04

Ультразвуковий давач відстані HC-SR04 є одним із найпоширеніших давачів для вимірювання відстані в системах автоматизації та Інтернету речей [5]. Він

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

використовується для безконтактного визначення дистанції до об'єктів, що робить його ідеальним вибором для контролю рівня заповненості сміттєвих контейнерів (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Давач відстані HC-SR04

HC-SR04 складається з двох основних елементів: ультразвукового передавача та ультразвукового приймача. Передавач випромінює короткий імпульс ультразвукових хвиль із частотою 40 кГц, які після відбиття від перешкоди повертаються назад до приймача. Контролер давача вимірює час між передаванням і прийманням сигналу, після чого, враховуючи швидкість поширення звуку в повітрі (приблизно 343 м/с). Основні характеристики давача відстані HC-SR04 приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики давача HC-SR04

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання	від 2 см до 400 см
Точність вимірювання	± 3 мм
Кут випромінювання	15°
Напруга живлення	5 В
Споживаний струм	до 15 мА
Частота роботи	40 кГц
Інтерфейс підключення	цифрові сигнали (Trigger та Echo)

HC-SR04 працює за принципом подачі короткого імпульсу (10 мкс) на вхідний контакт Trigger, після чого передавач випромінює серію ультразвукових хвиль. Якщо хвилі відбиваються від перешкоди та повертаються до приймача, вихідний контакт Echo змінює свій стан, що дозволяє мікроконтролеру визначити час проходження імпульсу.

Використання ультразвукового давача HC-SR04 у системі дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів є доцільним з кількох причин.

Висока точність і стабільність вимірювань, оскільки помилка вимірювання складає всього 3 мм, що дозволяє точно визначати рівень заповненості контейнера. Широкий діапазон вимірювань, що дозволяє контролювати як малі, так і великі контейнери (до 4 метрів глибини). Простота інтеграції – HC-SR04 легко підключається до мікроконтролера, не вимагаючи складного опрацювання сигналу.

Це один із найдоступніших сенсорів для вимірювання відстані, що робить його економічно вигідним варіантом для масового використання. Сенсор споживає мінімальну кількість енергії, що важливо для автономних IoT-рішень.

Основним обмеженням HC-SR04 є чутливість до погодних умов (вологість, пил) та складнощі у вимірюванні рівня нерівномірно розташованих предметів. Однак ці проблеми можна частково вирішити за допомогою встановлення сенсора під певним кутом або використання додаткових алгоритмів фільтрації даних у мікроконтролері.

Отже, HC-SR04 є оптимальним вибором для реалізації системи моніторингу заповненості сміттєвих контейнерів, забезпечуючи високу точність вимірювань, простоту використання та економічну доцільність.

2.2.3 Сервопривід DS3115

Сервопривід DS3115 – це потужний і надійний електромеханічний пристрій, який використовується для точного керування положенням, швидкістю та моментом обертання [6]. Він ідеально підходить для застосування в

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматизованих системах, включаючи проєктовану комп'ютеризовану систему дистанційного моніторингу заповненості сміттєвих контейнерів, де він виконує функцію автоматичного відкривання та закривання кришки контейнера (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Сервопривід DS3115

Сервопривід DS3115 складається з :

- електродвигуна постійного струму, який генерує механічну енергію;
- металевого редуктора, що забезпечує високу міцність і довговічність, а також підвищує вихідний крутний момент;
- енкодера (давача положення), який визначає поточний кут повороту вихідного вала;
- вбудованого контролера, що порівнює вхідний керуючий сигнал із поточним положенням та коригує роботу двигуна.

Принцип роботи сервоприводу базується на подачі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Тривалість керуючого імпульсу визначає кут повороту вихідного вала в межах 0–180°. Наприклад, імпульс тривалістю 1 мс відповідає положенню 0°, а імпульс 2 мс – положенню 180°. Параметри сервоприводу DS3115 наведені в табл. 2.3.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Характеристики сервоприводу DS3115

Характеристика	Значення
Кут повороту	178°
Швидкість обертання	0.14sec / 60 градусів (6 В) 0.16sec / 60 градусів (7.2 В)
Робоча напруга	4,8 В-8,4 В
Крутний момент	до 15 кг·см (при 6,8 В)

Застосування сервоприводу DS3115 у проєктованій системі має кілька ключових переваг:

- високий крутний момент (15 кг·см) дозволяє легко відкривати та закривати кришку контейнера, навіть якщо вона важка або має додатковий механічний опір;
- сервопривід забезпечує точне керування положенням, тобто дозволяє відкривати кришку лише в необхідний момент і лише при дотриманні певних умов;
- металевий редуктор значно збільшує термін служби приводу, що важливо для роботи у складних умовах (вуличне середовище, перепади температур, підвищена вологість);
- у режимі очікування пристрій споживає мінімальну кількість енергії, що важливо для автономних IoT-систем;
- DS3115 легко інтегрується з популярними мікроконтролерами через ШІМ-сигнал, що спрощує розробку керуючого програмного забезпечення.

Одним із можливих недоліків DS3115 є висока споживана потужність під час роботи, особливо при підйомі важкої кришки. Це можна вирішити, використовуючи окремий блок живлення на 6 В із достатньою потужністю, а також додатковий резервний акумулятор для безперебійної роботи.

Отже, сервопривід DS3115 є оптимальним вибором для реалізації функції автоматичного відкривання та закривання контейнера, оскільки забезпечує високу точність керування, достатню силу, надійність і простоту інтеграції в систему.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.2.4 LCD дисплей 1602

LCD 1602 – це популярний символьний рідкокристалічний дисплей, який широко використовується в мікроконтролерних системах для виведення текстової інформації [7]. Його конструкція та функціональні можливості роблять його оптимальним вибором для проєктів, пов'язаних з відображенням стану системи, повідомлень, показників сенсорів тощо. У контексті комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів дисплей LCD 1602 дозволяє локально виводити інформацію про рівень заповнення, стан зв'язку чи діагностичні повідомлення (рис. 2.5).

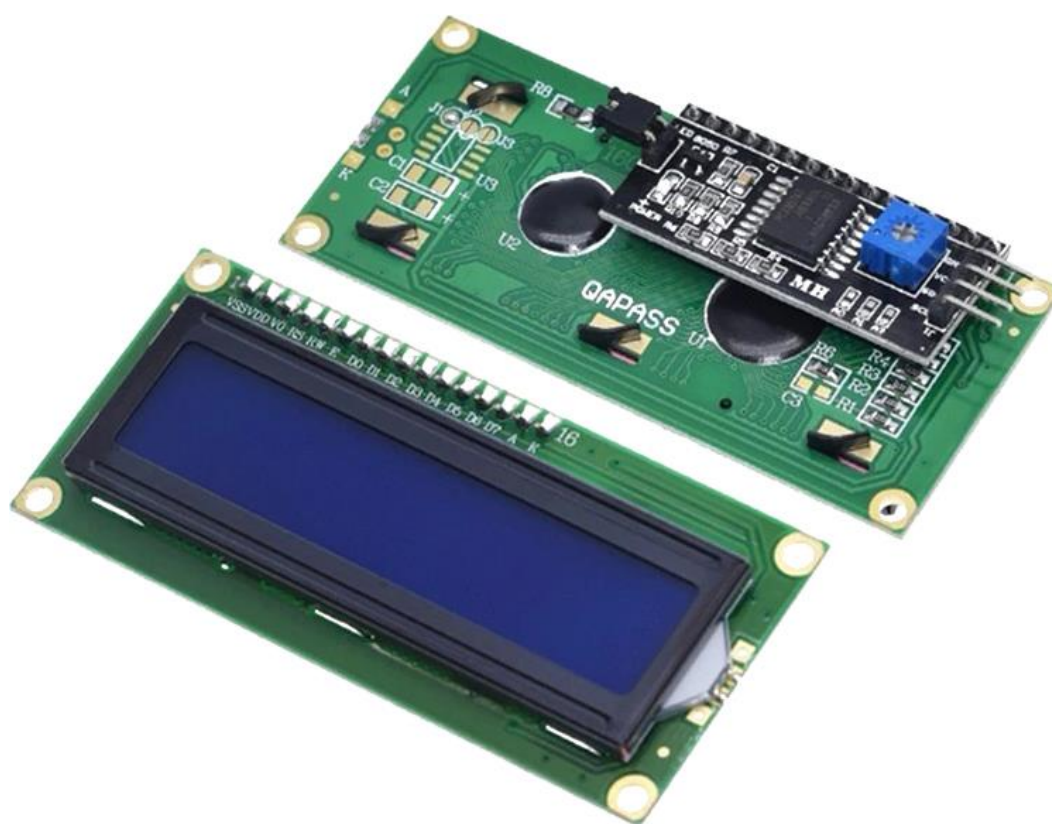


Рисунок 2.5 – LCD дисплей 1602 I²C

Будова дисплея складається з двох основних частин: рідкокристалічної панелі з роздільною здатністю 16 символів у 2 рядках (тобто 32 символи одночасного відображення) та контролера HD44780 або його сумісного аналога. Сам дисплей має вбудовану плату з 16 виводами, через які здійснюється керування. Користувач може подавати дані в паралельному режимі (4 або 8 біт), що дозволяє

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

гнучко налаштувати схему підключення відповідно до кількості вільних пінів мікроконтролера.

Принцип роботи LCD 1602 полягає у керуванні рідкими кристалами, які змінюють свою прозорість під дією електричного струму, утворюючи таким чином символи. Контролер HD44780 приймає дані та команди від мікроконтролера, обробляє їх та формує сигнал для керування кожним окремим символом дисплея. Дисплей підтримує стандартну таблицю ASCII-символів та дозволяє створювати до 8 власних символів (CGROM). В табл. 2.4 наведені параметри LCD-дисплея.

Таблиця 2.4 – Параметри LCD-дисплея

Параметр	Значення
Тип дисплея	Рідкокристалічний символний
Розмір відображення	16 символів × 2 рядки
Контролер	HD44780 або сумісний
Напруга живлення	4.7 – 5.3 В
Інтерфейс	Паралельний (4 або 8 біт)
Кількість виводів	16
Підсвічування	Світлодіодне (зазвичай синє або зел.)
Робоча температура	-20°C до +70°C
Струм споживання	~1 мА (без підсвічування), до 15 мА з підсвічуванням
Розміри модуля	Приблизно 80 × 36 мм
Можливість створення спецсимволів	Так, до 8 користувацьких символів

Однією з причин вибору LCD 1602 для цієї системи є його енергоефективність, простота підключення, наявність великої кількості бібліотек для Arduino, а також здатність чітко та наочно відображати текстову інформацію в умовах міського середовища. Зокрема, при обслуговуванні контейнерів технічний персонал може миттєво зчитати інформацію про рівень заповнення контейнера чи наявність збоїв у системі, не підключаючи жодних зовнішніх пристроїв. Також

важливо, що дисплей доступний за ціною та сумісний з більшістю платформ, включаючи Arduino та NodeMCU.

Завдяки своїй простоті, надійності та доступності, LCD 1602 є доцільним вибором для інтеграції у систему моніторингу, де необхідно забезпечити зворотний зв'язок або локальне інформування користувача про стан об'єкта.

2.3 Розробка електричної схеми пристрою

Електрична принципова схема пристрою (рис. 2.6) для дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста побудована на базі модуля NodeMCU (U1) з інтегрованим мікроконтролером ESP8266.

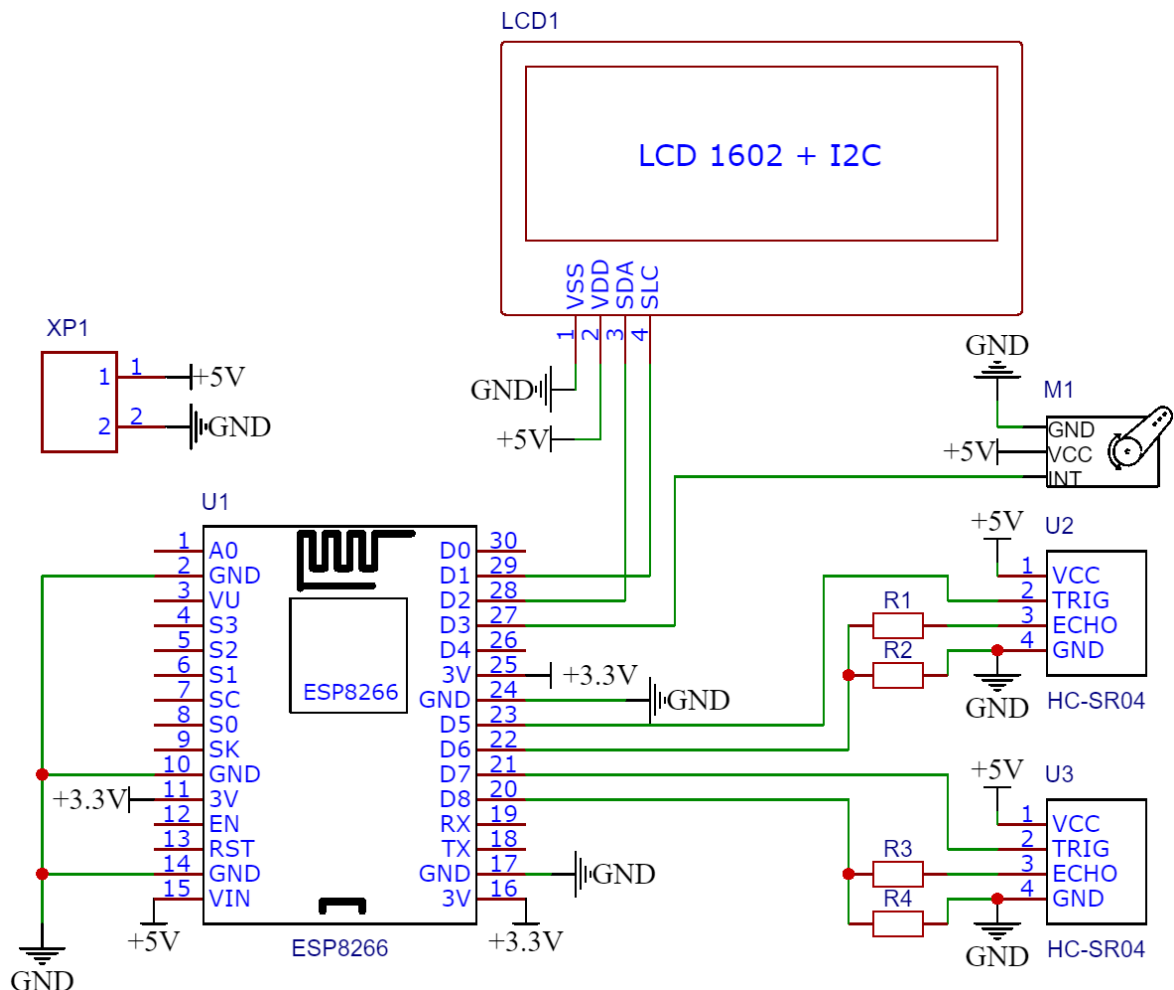


Рисунок 2.6 – Електрична принципова схема пристрою для дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів

Саме цей модуль виконує основні функції обробки даних та бездротової передачі інформації до хмарної платформи Blynk. До цифрового виводів мікроконтролера D5..D8 підключені ультразвукові давачі відстані типу HC-SR04 (U2, U3). Для забезпечення коректного з'єднання з низьковольтною логікою NodeMCU було використано прості резисторні подільники напруги для зниження рівня сигналу з сигналу «Тригер» давача. Ехо-сигнал, який надходить від давача, обробляється безпосередньо мікроконтролером для розрахунку відстані до поверхні сміття.

Для візуалізації рівня заповненості на місці розташування контейнера у складі схеми використано LCD дисплей (LCD1). Щоб зменшити кількість задіяних виводів мікроконтролера, було застосовано модуль розширення інтерфейсу I²C для підключення дисплея. Завдяки цьому дисплей підключався до NodeMCU всього двома проводами по шині I²C (SDA та SCL), що значно спростило монтаж і дозволило залишити більше вільних пінів для можливого підключення додаткових сенсорів чи розширень у майбутньому.

Живлення всіх компонентів системи здійснювалося через стабілізоване джерело напруги 5 В. При цьому живлення для NodeMCU може подаватися через роз'єм microUSB або через пін VIN. Давач рівня та LCD дисплей працювали від того ж джерела живлення, що забезпечувало зручність і компактність конструкції.

Розроблена електрична принципова схема забезпечує коректну роботу усіх компонентів системи, оптимізує використання ресурсів мікроконтролера та дозволяє стабільно виконувати основні задачі зі збору, обробки та передавання даних у реальному часі до хмарної IoT-платформи. Компактність та простота схеми також сприяють її масштабуванню й подальшій модернізації.

2.4 Обґрунтування вибору середовища розробки

Середовище розробки Arduino IDE є одним з найпопулярніших інструментів для програмування мікроконтролерів. Його основною перевагою є простота у використанні, відкритий вихідний код і велика база підтримки з боку спільноти

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розробників. У контексті реалізації комп'ютеризованої системи моніторингу дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста Arduino IDE відіграє ключову роль як основне середовище для розробки ПЗ системи (рис. 2.7).

```

1  #include <ESP8266WiFi.h>
2  #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
3  #include <Servo.h>
4  #include <Wire.h>
5  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
6
7  #define TRIG_PIN_1 D1
8  #define ECHO_PIN_1 D2
9  #define TRIG_PIN_2 D3
10 #define ECHO_PIN_2 D4
11 #define SERVO_PIN D5
12
13 char auth[] = "xxxxxxxxxxxx"; // Токен Blynk
14 char ssid[] = "xxxxxxxxxxxx"; // Назва WiFi мережі
15 char pass[] = "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"; // Пароль WiFi
16
17 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Адреса 0x27, дисплей 16x2
18 Servo lidServo;
19
20 const int maxDistance = 30; // Максимальна висота контейнера (в см)
21 const int distanceThreshold = 15; // Поріг наближення людини (в см)
22 const int maxFillLevel = 90; // Максимально допустиме заповнення контейнера (%)
23
24 long readUltrasonicDistance(int trigPin, int echoPin) {
25     digitalWrite(trigPin, LOW);
26     delayMicroseconds(2);
27     digitalWrite(trigPin, HIGH);
28     delayMicroseconds(10);
29     digitalWrite(trigPin, LOW);
30     return pulseIn(echoPin, HIGH) * 0.034 / 2;
31 }
32
33 void openLid() {
34     lidServo.write(90); // Відкрити кришку
35 }
36
37 void closeLid() {
38     lidServo.write(0); // Закрити кришку
39 }
40

```

Рисунок 2.7 – Середовище Arduino IDE

Arduino IDE має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який включає редактор коду, монітор порту, вікно повідомлень компілятора та інструменти для завантаження прошивки до плати. Середовище підтримує мову програмування, засновану на спрощеному варіанті C/C++, з набором готових бібліотек для роботи з периферією — сенсорами, дисплеями, Wi-Fi модулями, реле, тощо.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даної комп'ютеризованої системи Arduino IDE є ідеальним вибором, оскільки це середовище підтримує всі апаратні компоненти для всіх використаних модулів існують офіційні або перевірені бібліотеки Arduino.

Це середовище має вбудовану систему менеджменту плат та бібліотек, в якій можна легко додати підтримку нових мікроконтролерів або завантажити необхідні бібліотеки для нових модулів.

Окрім того, Arduino IDE дозволяє створювати зрозумілу, добре структуровану програму, що є важливим у навчальних проєктах. Отже, використання Arduino IDE для розробки ПЗ системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів є доцільним, ефективним і практичним вибором.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка алгоритму роботи системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій

Алгоритм роботи системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів розроблений з урахуванням необхідності забезпечення точного контролю заповненості, своєчасного інформування користувача та автоматичного керування кришкою контейнера. Цей алгоритм реалізується на мікроконтролерному модулі NodeMCU з використанням ультразвукових сенсорів, сервоприводу, дисплея та IoT-платформи Blynk.

Робота системи починається з ініціалізації всіх компонентів у функції `setup()`. На цьому етапі відбувається встановлення з'єднання з Wi-Fi мережею, підключення до платформи Blynk, налаштування входів і виходів мікроконтролера, ініціалізація дисплея та встановлення початкового положення сервоприводу.

У головному циклі `loop()`, блок-схема алгоритму якого зображена на рис. 3.1, періодично виконується зчитування значень з двох ультразвукових датчиків. Перший датчик вимірює відстань до сміття всередині контейнера. Виходячи з цієї відстані та відомої висоти контейнера, обчислюється відсоток заповненості контейнера. Значення заповненості обмежується діапазоном від 0% до 100% та виводиться на LCD-дисплей для візуального інформування користувача. Також це значення передається на платформу Blynk за допомогою віртуального піну, де його можна переглядати з мобільного пристрою в реальному часі.

Другий ультразвуковий датчик призначений для виявлення наближення людини до контейнера. Якщо користувач підійшов ближче, ніж заданий пороговий рівень (наприклад, 30 см), система перевіряє, чи рівень заповненості контейнера

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Мандзюк М.В.			Практична частина	Літ.	Арк.
Перевірив		Луцик Н.С.					33
Рецензент		Бревує В.М.				Акрушів	
Н. Контр.		Тиш Є.В.				13	
Зав. каф.		Осуківська Г.М.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42	

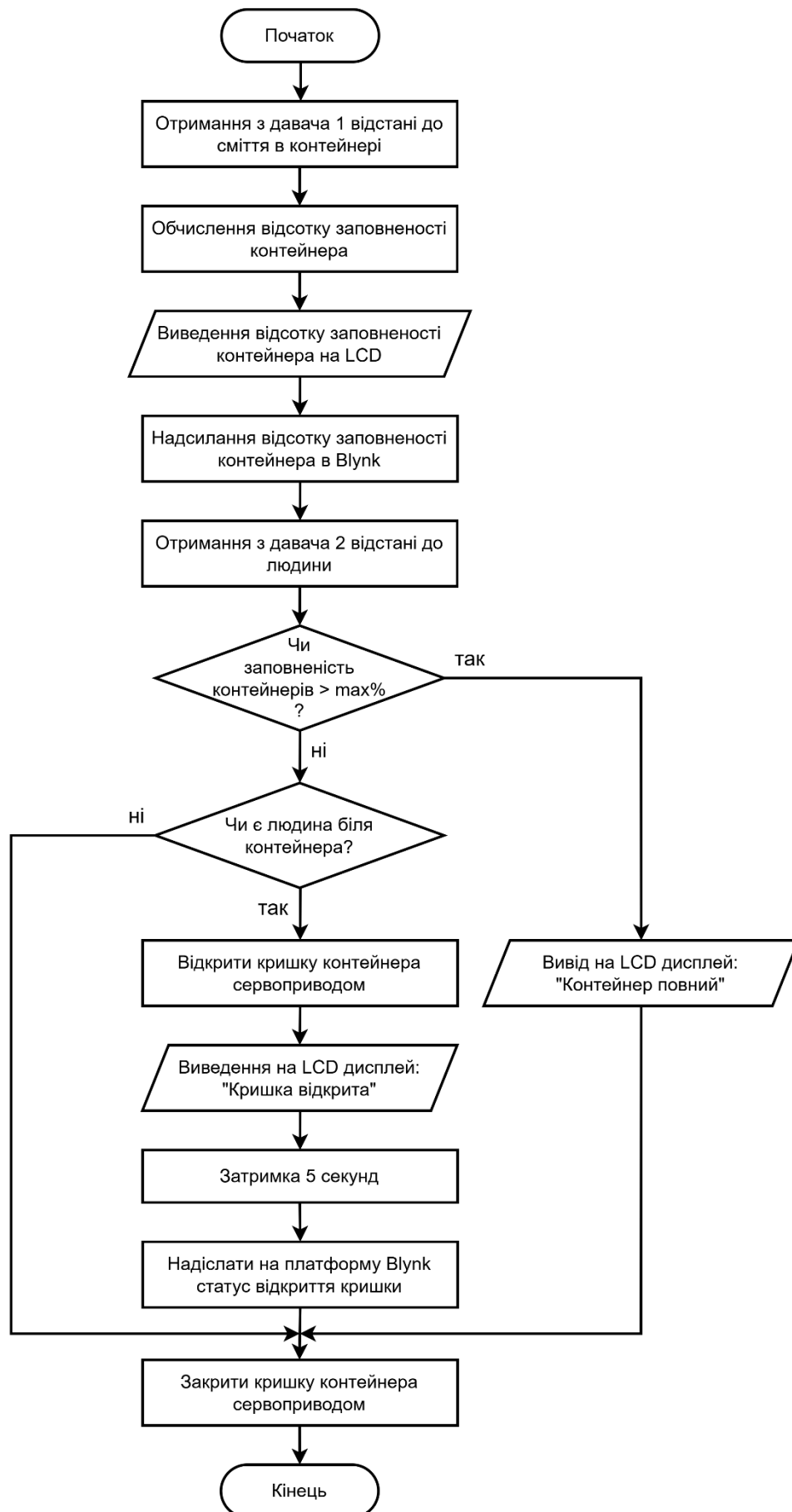


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи головної функції loop системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста

не перевищує встановлений максимальний поріг (90 %). Якщо контейнер не заповнений критично, подається команда на відкриття кришки через сервопривід. Після цього кришка залишається відкритою на певний час (5 секунд), після чого автоматично зачиняється. Факт відкриття фіксується також через Blynk як окремий сигнал.

У разі, якщо контейнер заповнений понад допустиму межу, система не дозволяє відкриття кришки. На дисплеї в такому випадку виводиться повідомлення “Full! No Access”, а сервопривід залишається у закритому положенні. Це попереджає користувачів про необхідність обслуговування контейнера та запобігає його переповненню.

Загалом, алгоритм системи реалізує безперервний цикл: зчитування даних — аналіз стану — виконання дій — передача інформації. Він дозволяє не лише локально інформувати користувачів про стан контейнера, а й централізовано збирати дані про наповненість усіх контейнерів у місті, що дає змогу оптимізувати графіки вивезення сміття та ефективно керувати міською інфраструктурою. Такий підхід відповідає концепції "розумного міста" та забезпечує високий рівень автоматизації та зручності для мешканців.

3.2 Розробка програмного забезпечення

3.2.1 Опис використаних бібліотек

У програмі для мікроконтролера NodeMCU ESP8266 було використано декілька бібліотек, які забезпечують необхідну функціональність для реалізації комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів (рис. 3.2).

```
1  #include <ESP8266WiFi.h>
2  #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
3  #include <Servo.h>
4  #include <Wire.h>
5  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Рисунок 3.2 – Лістинг коду з підключенням бібліотек

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Бібліотека ESP8266WiFi.h використовується для підключення мікроконтролера до бездротової мережі Wi-Fi. Вона надає набір функцій для роботи з мережевими з'єднаннями: підключення до роутера, налаштування IP-адреси, перевірка статусу мережі та інше. Без цієї бібліотеки неможливо було б реалізувати відправлення даних на хмарну платформу Blynk.

Бібліотека BlynkSimpleEsp8266.h забезпечує інтеграцію пристрою з IoT-платформою Blynk. Вона відповідає за встановлення зв'язку між мікроконтролером і сервером Blynk через Інтернет, а також за обмін даними, такими як передача відсотку заповненості контейнера або повідомлення про відкриття кришки. Ця бібліотека суттєво спрощує роботу з хмарною платформою, дозволяючи зосередитися на логіці пристрою.

Бібліотека Servo.h використовується для управління сервоприводом, який відкриває кришку контейнера. Вона дозволяє задавати кут обертання сервомеханізму за допомогою простих команд, що суттєво спрощує процес керування механічною частиною системи. Бібліотека абстрагує складні процеси модуляції широтно-імпульсного сигналу (PWM) для сервоприводів.

Бібліотека Wire.h забезпечує підтримку протоколу I²C, який використовується для підключення різних периферійних пристроїв до мікроконтролера, зокрема LCD дисплея через модуль розширення. Вона дозволяє обмінюватися даними між мікроконтролером і іншими пристроями через дві лінії (SDA і SCL).

Бібліотека LiquidCrystal_I2C.h необхідна для роботи LCD-дисплея через інтерфейс I²C. Вона дозволяє легко ініціалізувати дисплей, виводити текстові повідомлення, змінювати положення курсору та очищати екран. Завдяки використанню I²C підключення, зменшується кількість необхідних для дисплея пінів, що дуже важливо при обмеженій кількості доступних входів/виходів на мікроконтролері NodeMCU.

Використання цих бібліотек значно спростило розробку ПЗ, забезпечивши швидку інтеграцію основних компонентів системи та зменшивши обсяг

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідного коду для реалізації базових функцій. Це дало змогу зосередитись на оптимізації логіки роботи системи та підвищенні її надійності.

3.2.2 Підпрограма setup()

Підпрограма setup() у програмі для мікроконтролера NodeMCU виконує початкову ініціалізацію всіх необхідних компонентів системи перед початком основного циклу роботи (рис. 3.3).

```
41 void setup() {  
42     Serial.begin(9600);  
43     Blynk.begin(auth, ssid, pass);  
44  
45     pinMode(TRIG_PIN_1, OUTPUT);  
46     pinMode(ECHO_PIN_1, INPUT);  
47     pinMode(TRIG_PIN_2, OUTPUT);  
48     pinMode(ECHO_PIN_2, INPUT);  
49  
50     lidServo.attach(SERVO_PIN);  
51     closeLid();  
52  
53     lcd.init();  
54     lcd.backlight();  
55     lcd.clear();  
56     lcd.setCursor(0, 0);  
57     lcd.print("Smart Container");  
58     delay(2000);  
59 }
```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду підпрограми setup()

На початку роботи викликається команда Serial.begin(), яка ініціалізує послідовну передачу даних із швидкістю 9600 бод для можливості налагодження та моніторингу даних під час тестування пристрою.

Далі виконується підключення мікроконтролера до Wi-Fi мережі та платформи Blynk за допомогою функції Blynk.begin(). Тут передаються змінні з токеном авторизації Blynk, ім'ям мережі Wi-Fi та паролем, що дозволяє автоматично встановити з'єднання і бути готовим до передачі даних у хмару.

Наступним кроком налаштовуються режими роботи контактів, до яких підключені ультразвукові давачі. За допомогою команд pinMode() задається

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напрямок роботи виводів для давачів, які вимірюють рівень заповненості контейнера та визначають наближення людини до контейнера.

Після цього виконується прив'язка сервоприводу до відповідного виводу за допомогою методу `lidServo.attach()`, що дозволяє програмно керувати відкриттям та закриттям кришки контейнера. Додатково викликається функція `closeLid()`, яка на початку роботи системи забезпечує закритий стан кришки.

Для роботи з дисплеєм ініціалізується об'єкт `LCD`. Викликається метод `lcd.init()` для початкової ініціалізації дисплея, після чого команда `lcd.backlight()` вмикає підсвічування екрану для забезпечення видимості інформації. Дисплей очищується командою `lcd.clear()` для запобігання відображенню випадкових символів.

На завершальному етапі на першому рядку дисплея виводиться привітальне повідомлення, що вказує на готовність пристрою до роботи. Після цього передбачена пауза тривалістю 2 секунди для комфортного сприйняття інформації користувачем перед переходом до виконання основного циклу програми.

3.2.3 Підпрограма `loop()`

Основний цикл програми, який реалізується у підпрограмі `loop()`, відповідає за постійну роботу системи дистанційного моніторингу рівня заповненості контейнера та взаємодію з користувачами через дисплей і платформу Blynk.

На початку циклу викликається функція `Blynk.run()`, яка забезпечує обробку всіх необхідних фонових процесів для підтримки з'єднання з сервером Blynk та обробки подій у реальному часі.

Далі виконуються заміри відстаней за допомогою двох ультразвукових давачів. Виклики функції `readUltrasonicDistance()` дозволяють зчитати відстань до сміття в контейнері та відстань до людини відповідно (рис. 3.4).

На основі показників першого давача обчислюється відсоток заповненості контейнера. Це реалізується формулою $100 - (\text{distanceToTrash} * 100 / \text{maxDistance})$, де `maxDistance` – максимально допустима глибина контейнера. Отримане значення обмежується в межах від 0 до 100% за допомогою функції `constrain()`.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

24 long readUltrasonicDistance(int trigPin, int echoPin) {
25     digitalWrite(trigPin, LOW);
26     delayMicroseconds(2);
27     digitalWrite(trigPin, HIGH);
28     delayMicroseconds(10);
29     digitalWrite(trigPin, LOW);
30     return pulseIn(echoPin, HIGH) * 0.034 / 2;
31 }

```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду функції readUltrasonicDistance()

Розраховане значення заповненості передається на платформу Blynk командою Blynk.virtualWrite(), що дає змогу візуалізувати дані в мобільному додатку.

На LCD-дисплеї виводиться поточний відсоток заповнення контейнера (рис. 3.5). Для цього дисплей спочатку очищується командою lcd.clear(), а потім відповідні дані виводяться на перший рядок дисплея за допомогою lcd.setCursor() і lcd.print().

```

69 // Відправка даних на Blynk
70 Blynk.virtualWrite(V1, fillPercent);
71
72 lcd.clear();
73 lcd.setCursor(0, 0);
74 lcd.print("Fill: ");
75 lcd.print(fillPercent);
76 lcd.print("%");

```

Рисунок 3.5 – Лістинг коду для виведення інформації на дисплеї

У залежності від рівня заповненості системою приймається рішення щодо доступу до контейнера. Якщо заповненість контейнера перевищує допустиме значення (maxFillLevel), на дисплеї виводиться повідомлення "Full! No Access", а кришка контейнера закривається викликом функції closeLid().

У випадку, якщо контейнер ще не заповнений, система перевіряє, чи знаходиться людина поруч. Якщо відстань до людини менша за встановлений поріг (distanceThreshold) і більше нуля, система виводить повідомлення "Opening

Lid...", відкриває кришку за допомогою функції openLid() та надсилає на платформу Blynk сигнал про відкриття кришки. Після 5 секунд очікування кришка закривається функцією closeLid(), і відповідне повідомлення про закриття надсилається на Blynk (рис. 3.6).

```

78   if (fillPercent >= maxFillLevel) {
79       lcd.setCursor(0, 1);
80       lcd.print("Full! No Access");
81       closeLid();
82   } else {
83       lcd.setCursor(0, 1);
84       if (distanceToPerson < distanceThreshold && distanceToPerson > 0) {
85           lcd.print("Opening Lid...");
86           openLid();
87           Blynk.virtualWrite(V2, 1); // Повідомлення про відкриття кришки
88           delay(5000); // Тримати кришку відкритою 5 секунд
89           closeLid();
90           Blynk.virtualWrite(V2, 0); // Кришка закрита
91       } else {
92           lcd.print("Waiting...");
93           closeLid();
94       }
95   }

```

Рисунок 3.6 – Лістинг фрагменту коду підпрограми loop()

Якщо людина не виявлена поблизу, на дисплеї виводиться повідомлення "Waiting...", а кришка залишається закритою.

В кінці кожного циклу виконується пауза тривалістю 1 секунда за допомогою команди delay(), що забезпечує стабільну частоту оновлення інформації і знижує навантаження на мікроконтролер.

3.3 Реалізація дистанційного моніторингу за допомогою платформи Blynk

3.3.1 Опис платформи Blynk

ІоТ-платформа Blynk є одним із найзручніших і функціональних рішень для створення мобільних інтерфейсів керування та моніторингу пристроїв, що

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

працюють на базі мікроконтролерів. Вона надає можливість швидко розробляти інтерактивні інтерфейси для смартфонів (Android або iOS) без потреби у знаннях у сфері розробки мобільних додатків. Це робить Blynk особливо корисною для реалізації комп'ютеризованої IoT-системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів у місті, де необхідно візуалізувати інформацію у реальному часі та забезпечити зручність доступу для користувачів.

Платформа Blynk базується на трьох основних компонентах: мобільному додатку, Blynk-сервері та бібліотеці, яка інтегрується в код мікроконтролера. Користувач створює інтерфейс у мобільному додатку шляхом розміщення віджетів на віртуальній панелі (наприклад, індикаторів, графіків, кнопок тощо). Мікроконтролер за допомогою бібліотеки Blynk зв'язується з сервером через Інтернет, зокрема через Wi-Fi модуль ESP8266 або NodeMCU, і передає/отримує дані відповідно до заданої логіки.

Основні переваги Blynk полягають у швидкості розробки, кросплатформеності та масштабованості. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, платформа дозволяє значно скоротити час розробки та тестування системи. Крім того, можливість використання локального або хмарного серверу дає змогу адаптувати проєкт під вимоги конкретної інфраструктури. У рамках створення системи моніторингу сміттєвих контейнерів Blynk дозволяє оперативно отримувати дані про заповненість контейнерів, переглядати історію, формувати графіки змін рівня заповнення та налаштовувати повідомлення про перевищення критичних значень.

Ще однією причиною вибору платформи Blynk є її сумісність з широким спектром апаратного забезпечення: від простих Arduino до потужних ESP32. Для цього проєкту ідеальним вибором стала зв'язка NodeMCU (ESP8266) та Blynk, що забезпечує як апаратну, так і програмну гнучкість. Важливо також відзначити, що завдяки використанню віртуальних пінів у Blynk можна легко масштабувати систему, додаючи нові сенсори чи функції без необхідності змінювати основну архітектуру застосунку.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, платформа Blynk є оптимальним вибором для реалізації комп'ютеризованої системи моніторингу завдяки своїй гнучкості, простоті інтеграції з мікроконтролерами, підтримці хмарних сервісів та високому рівню візуалізації даних для кінцевого користувача. Це дає змогу створити сучасну, зручну і масштабовану IoT-систему з мінімальними затратами часу та ресурсів.

3.3.2 Опис процесу налаштування акаунту на платформі Blynk

Під час реалізації комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів було виконано налаштування акаунту IoT-платформи Blynk, що дозволило забезпечити зручний інтерфейс для візуалізації даних та керування системою. Цей процес складався з кількох етапів, кожен з яких був необхідним для забезпечення повноцінного зв'язку між мікроконтролерним модулем NodeMCU та мобільним застосунком користувача.

На першому етапі було створено новий проєкт, де в якості апаратної платформи було вибрано "NodeMCU" з інтерфейсом Wi-Fi. Система автоматично згенерувала токен автентифікації (Auth Token), який було відправлено на електронну пошту користувача. Цей токен згодом було використано у програмному коді мікроконтролера для встановлення зв'язку з сервером Blynk.

На наступному етапі в мобільному застосунку було налаштовано інтерфейс користувача. Для цього було додано відповідні віджети: індикатор рівня заповненості сміттєвого контейнера (Gauge), віджет для текстових повідомлень (Label), кнопки для керування системою (Button) та графік для відображення історичних даних (Chart). Кожному віджету було присвоєно відповідний віртуальний пін (V0, V1 тощо), які також були використані в коді програми для взаємодії з віджетами через Blynk-бібліотеку.

Після завершення налаштування графічного інтерфейсу, було здійснено інтеграцію застосунку з мікроконтролерним модулем. У середовищі Arduino IDE було створено програму, що включала бібліотеки <BlynkSimpleEsp8266.h> та <ESP8266WiFi.h>. До програми було додано отриманий Auth Token, а також логін

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

і пароль Wi-Fi мережі, через яку модуль NodeMCU мав підключатися до Інтернету. Після компіляції та завантаження скетчу на мікроконтролер, було підтверджено успішне з'єднання пристрою з сервером Blynk.

Після цього всі компоненти системи почали взаємодіяти між собою. В реальному часі мобільний застосунок Blynk відображав рівень заповненості контейнера, отриманий із ультразвукового сенсора, підключеного до мікроконтролера. Дані надходили з певною періодичністю та могли бути збережені на сервері для подальшого аналізу. Таким чином, було реалізовано повноцінну хмарну IoT-систему з інтуїтивним інтерфейсом, що забезпечує простий та ефективний моніторинг ситуації в місті.

3.4 Результати моделювання системи

З метою перевірки працездатності розробленої структури комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста було проведено моделювання в середовищі Circuit Designer. Це програмне середовище дозволяє створювати електричні принципові схеми з використанням широкого набору елементів, а також наочно представляє взаємозв'язок між компонентами майбутньої системи. Circuit Designer дає змогу якісно підготуватися до подальшого фізичного монтажу та програмної реалізації.

На початковому етапі було сформовано схему з'єднань системи, яка включає такі основні компоненти: мікроконтролерний модуль NodeMCU ESP8266, два ультразвукові давачі HC-SR04, символьний LCD дисплей 1602 з I²C модулем, сервопривід, а також необхідні резистори, з'єднувальні лінії живлення і заземлення. Усі ці компоненти були розміщені у середовищі Circuit Designer, що дозволило перевірити коректність з'єднань та виявити можливі конфлікти розміщення або нестачу виводів (рис. 3.7).

Основну увагу було зосереджено на перевірці логіки з'єднання компонентів, живлення, сигнальних ліній між давачами та мікроконтролером, а також

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

правильного підключення LCD-дисплея через інтерфейс I²C. Особливу увагу було приділено підключенню ультразвукових давачів, зокрема правильному заданні тригерних та ехосигналів для кожного з них, оскільки один з них призначений для вимірювання відстані до сміття, а інший — для виявлення наближення користувача.

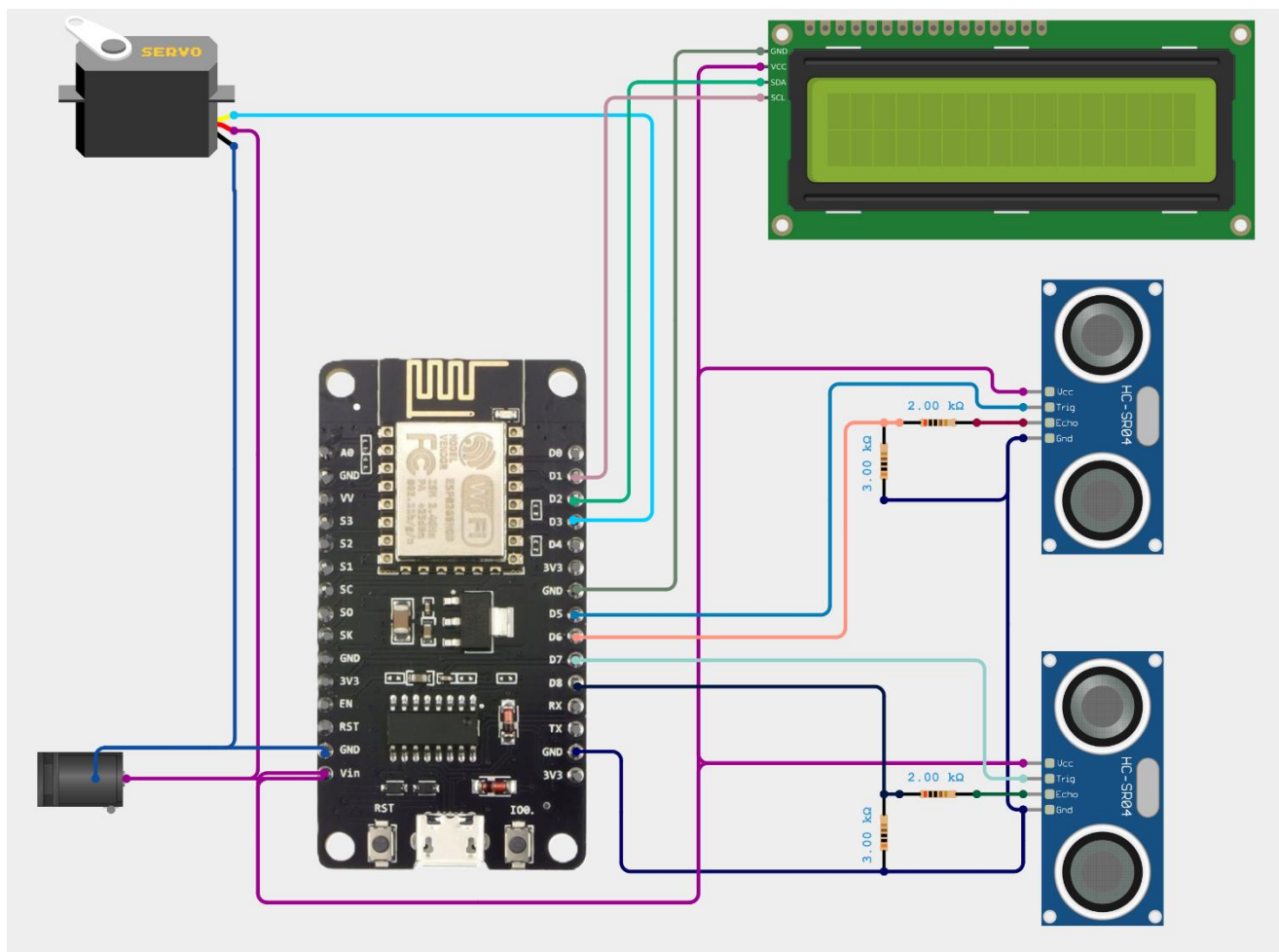


Рисунок 3.7 – Модель комп’ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів

У процесі моделювання було з’ясовано доцільність використання модуля розширення I²C для LCD дисплея, що дозволяє зменшити кількість задіяних виводів мікроконтролера. Також перевірено, що керування сервоприводом можливе з PWM-виводу плати NodeMCU, який залишився вільним після підключення основних сенсорів.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Результати моделювання підтвердили правильність обраної структурної схеми та обґрунтованість апаратних рішень. Завдяки візуалізації у Cirkit Designer стало можливим узгодити розташування компонентів, переконатися у відповідності сигналів та забезпечити підготовку до наступного етапу — тестування вже на фізичному макеті та IoT-платформи Blynk.

Отже, моделювання у Cirkit Designer виконало важливу підготовчу функцію у розробці системи, дозволило уникнути критичних помилок на етапі збирання, а також сформувало базу для подальшого створення надійної, ефективної та зручної в реалізації комп'ютеризованої IoT-системи для моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи безпеки при експлуатації електроустановок

Електроенергія і працюють на її основі агрегати – велике благо для людства, проте, якщо поводитися з нею неправильно, вона може завдати величезної шкоди і людям, і навколишньому середовищу. Для запобігання нещасть фахівцями розробляється безліч правил, інструкцій, технічних регламентів, багато пунктів яких буквально писані людською кров'ю. З метою забезпечення надійного функціонування електротехніки та захисту праці на виробництвах, де основним фактором служить електрострум, написані і введені в дію «Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок». Діючі в даний час правила безпеки є обов'язковими для виконання всіма промисловими споживачами електричної енергії, незалежно від приналежності підприємства.

Положення правил з охорони праці стосуються, перш за все, електротехнічних, електротехнологічних і деяких неелектротехнічних працівників, які контактують з різними частинами електрообладнання в процесі його техобслуговування, перемикання, монтажно-налагоджувальних та інших видів робіт. Також під дію правил підпадають їх роботодавці: юрособи та фізособи, вони зобов'язані гарантувати безпечну працю на своїх підприємствах. З метою підвищення надійності виробництва роботодавці можуть встановити навіть більш жорсткі вимоги до електробезпеки. Працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями з охорони їх праці та належним чином проінструктовані. Електроустановки і лінії, які беруть участь у виробничому, передавальному і розподільчому процесах, повинні бути справні і забезпечені різними захисними пристосуваннями і надання долікарської допомоги.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці		
Розробив		Мандзюк М.В.					
Перевірив		Луцик Н.С.					
Консульт.		Пилипець М.І.					
Н. Контр.		Тиш Е.В.					
Зав. каф.		Осуківська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						46	7
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42		

Всі члени виробничого процесу з використанням електричної енергії повинні періодично навчатися і підтверджувати свої знання щодо електробезпеки в роботі (присвоюються групи допуску з I по V і видаються типові посвідчення), а деякі категорії осіб – ще й проходити медогляди (якщо працівники молодше 21 років, щорічні). При порушенні цих правил винні особи несуть різні види відповідальності [31].

При роботах на електроустановках передбачений ряд правил, які спрямовані на їх неухильне дотримання [31]:

- роботи в рамках ординарної експлуатації електричних агрегатів оформляються нарядами, розпорядженнями або списками;
- підготовка робочої зони і допуск на неї оформляється відповідним дозволом;
- для здійснення робочих маніпуляцій потрібно допуск, відповідно до присвоєної групою електробезпеки;
- здійснення підстраховки і контролю в період проведення робіт;
- офіційне оформлення початку і кінця перерви в роботах, також їх повного завершення або ж переведення бригади на іншу ділянку.

Документом визначається коло працівників, на яких покладається відповідальність за безпеку протікання робочих процесів на електроустановках:

- підписують наряди-допуски, що віддають розпорядження або посвідчують список робіт з поточного використання електроагрегатів (необхідна група допуску з електробезпеки – 4-5) – вони зобов'язані попередньо оцінити потрібність виконання роботи і можливість її безпечного здійснення;
- склад бригад, вибір спостерігає і виконавця робіт і попередній інструктаж повинні відповідати вимогам безпеки;
- дозволяють підготовку робочих зон (група допуску – 4-5 або адміністративно-технічні працівники, уповноважені розпорядженням керівництва підприємства) – відповідають за своєчасне і безпечне від'єднання електрообладнання від мережі і його заземлення, координування робочого часу і розташування оперативних бригад, облік бригад і їх членів, відстеження

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформації про терміни проведення поточних маніпуляцій і часу подачі напруги на електроустановки;

– призначені відповідальні керівники робіт (групи допуску – 4-5, призначаються при використанні різних механізмів і вантажопідійомників, знеструмленні електричного обладнання, на кабельних лініях зв'язку недалеко від транспортних магістралей, на знову запускаються повітряних лініях або ж їх фазному ремонті, при роботах з наведеною напругою і ряді інших випадків) – зобов'язані стежити за виконанням етапів підготовки робочого місця, достатністю та правильністю інструктування учасників бригади, загальною безпекою робочих моментів, вживати додаткових заходів електробезпеки;

– допускають до робіт (член електротехнічного персоналу з групою допуску 3-4) – несе відповідальність за достатність заходів безпеки, відповідність їх нарядом-допуском або розпорядженням, вимогам майбутніх маніпуляцій на електрообладнанні, правильність і обсяг проведеного інструктажу;

– безпосередні виконавці (група електродопуску – 3-4) – відповідають за правильно підготовлену робочу зону, наявність, достатність і справність індивідуальних і загальних електрозахисних засобів, інструментарію і пристосувань, наочних інформаційних засобів у вигляді значків безпеки або попереджувальних плакатів, огорож небезпечних місць, за дотримання правилами ТБ всіх членів бригади і контроль за безпекою їх дій під час робочого процесу;

– спостерігачі в бригадах (група електродопуску – 3) – стежать за відповідністю робочої зони заходам з безпеки; чіткістю і достатністю попереднього інструктажу; збереженням заборів на приводах, огорож і заземлюючих пристроїв; охороною виконавців робіт від електротравм;

– всі працівники – члени бригади, здійснюють поточні роботи на електроустановках, зобов'язані дотримуватися правил техніки безпеки, інструкції та вказівки, що стосуються охорони їх праці.

Способи і засоби, що використовують для забезпечення безпеки людини під час роботи з електроустановками, використовуються залежно від умов дотику до струмоведучої частини. Глибоке розуміння умов дотику і ступеня небезпеки

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ураження в кожному випадку дозволить обрати необхідну комбінацію способів і засобів захисту. Треба розуміти, що захист від прямого дотику запобігає ураженню електричним струмом за відсутності пошкодження ізоляції провідників, проте захист у разі непрямого дотику – у випадку одиничного пошкодження [31].

Кожному відомо про важливість якості електричної ізоляції, тобто ізоляції яка чи конструкції виконаної з діелектрика. Цим діелектриком вкриваються провідники струму або розділяються одна від одної. Ця ізоляція запобігає протіканню струму завдяки великому опору.

Ізоляція в електроустановках до 1000 В поділяється на наступні види:

- основна ізоляція, що являє собою шар діелектрика, яким вкриваються частини під напругою;
- додаткова ізоляція – ізоляція яка є самостійною та призначена для захисту коли основна ізоляція пошкоджена;
- подвійна ізоляція – це поєднання основної та додаткової ізоляції.

4.2 Заходи щодо захисту обладнання від короткого замикання

Коротке замикання – це електричне з'єднання двох точок електричного кола з різними значеннями потенціалів, яке порушує його нормальну роботу і не передбачене конструкцією пристрою. Коротке замикання може виникати при пошкодженні ізоляції струмоведучих елементів або внаслідок механічного контакту елементів, які працюють без ізоляції. Також коротким замиканням вважається стан, при якому опір навантаження менший за внутрішній опір джерела живлення [32].

У трифазних електричних мережах розрізняють такі види коротких замикань:

- однофазне (замикання фази на землю);
- двофазне на землю (дві фази замикаються між собою і одночасно на землю);
- двофазне (замикання двох фаз між собою);

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- трифазне (три фази замикаються між собою).

В електричних машинах можливі такі види коротких замикань:

- міжвиткове – замикання між собою витків обмотки статора або ротора;
- замикання обмотки на металевий корпус.

З метою захисту від короткого замикання вживають спеціальні заходи, зокрема, обмежують струм короткого замикання [32]:

- використовують пристрої релейного захисту для відключення пошкоджених ділянок кола;
- застосовують обладнання автоматичного вимкнення – швидкодіючий комутаційний апарат з функцією обмеження струму короткого замикання тобто автоматичні вимикачі чи плавкі запобіжники;
- використовують розпаралелювання електричних кіл тобто відключення секційних і шиноз'єднувальних вимикачів;
- застосовують знижувальні трансформатори з розщепленою обмоткою низької напруги;
- встановлюють струмообмежуючі електричні реактори.

Реактор являє собою котушку з індуктивним опором. Він підключається в електричне коло по послідовній схемі. В нормальному режимі роботи на реакторі є падіння напруги близько 4 %. У випадку виникнення короткого замикання основна частина напруги припадає на реактор. Існує декілька видів реакторів: масляні, бетонні [32].

Основною причиною появи коротких замикань є пошкодження ізоляції електрообладнання, яке може бути викликаним:

- незадовільним доглядом за обладнанням;
- механічним пошкодженням ізоляції, проїздом під лініями негабаритних механізмів;
- старінням ізоляції;
- прямими ударами блискавки;
- перенапруженням (особливо в мережах з ізольованими нейтралями).

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Частою причиною пошкоджень в електричній частині електрообладнання є некваліфіковані дії обслуговуючого персоналу.

При застосуванні спрощених схем з'єднань понижуючих підстанцій використовують спеціальні пристрої – короткозамикачі, які створюють навмисні короткі замикання для швидких відключень ушкоджень, які виникли. Таким чином, поряд з короткими замиканнями випадкового характеру в системах електропостачання присутні також навмисні короткі замикання, які викликані внаслідок дії короткозамикачів.

При появі в системі електропостачання коротких замикань її загальний опір зменшується, що спричиняє збільшення струмів в її колах в порівнянні зі значеннями струмів нормального режиму, а це призводить до зниження напруги окремих точок системи електропостачання, яке є особливо великим поблизу місця короткого замикання.

В залежності від тривалості і місця виникнення ушкодження його наслідки можуть відбиватися на всій системі електропостачання або мати місцевий характер.

При великій віддаленості короткого замикання значення струму короткого замикання може становити лише невелику частину номінального струму живлення генераторів і поява такого короткого замикання сприймається ними як невелике підвищення навантаження. Сильне зниження напруги виникає лише поблизу місця короткого замикання, в той час як в інших точках системи електропостачання це зниження є менш помітним. При таких умовах небезпечні наслідки короткого замикання будуть проявлятися лише в найближчих до місця аварії частинах системи електропостачання [33].

Струм короткого замикання, будучи навіть малим у порівнянні з номінальним струмом генераторів, зазвичай у багато разів перевищує номінальний струм кола, в якому трапилось коротке замикання. Тому і при короткочасному протіканні струму короткого замикання він може спричинити додатковий нагрів провідників і струмоведучих елементів вище допустимого рівня.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струми короткого замикання спричиняють суттєві механічні зусилля між провідниками, які є особливо великими на початку процесу короткого замикання, коли струм досягає максимального значення. При недостатній міцності провідників і їх кріплень можуть виникати руйнування механічного характеру.

Різке глибоке зниження напруги при короткому замиканні впливає на роботу споживачів. В першу чергу це відноситься до двигунів, тому що навіть при короткочасному зниженні напруги на 30-40 % вони можуть зупинитися, при цьому відбувається перекидання двигунів [33]. Цей процес негативно відбивається на роботі промислового підприємства, оскільки для відновлення нормального виробничого процесу потрібен тривалий час і несподівана зупинка двигунів може спричинити брак продукції підприємства.

При достатній тривалості і малій віддаленості короткого замикання можливе випадання з синхронізму станцій, які працюють паралельно, тобто порушення нормальної роботи всієї електричної системи, що є небезпечним наслідком короткого замикання.

Існують такі наслідки коротких замикань [33]:

- електромагнітний вплив на комунікації та лінії зв'язку;
- випадання із синхронізму окремих частин електричної системи, електростанцій і генераторів та виникнення аварій, включаючи системні аварії;
- зниження рівня напруги в мережі, що спричиняє гальмування електродвигунів, зменшення їх обертового моменту, зниження продуктивності або навіть до їх перекидання;
- займання в електроустановках;
- термічні та механічні пошкодження електрообладнання.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступне:

1) Проведено огляд існуючих аналогів систем моніторингу наповнюваності сміттєвих контейнерів, їх особливості, переваги та недоліки, що дозволило сформулювати вимоги до розроблюваної системи.

2) Розроблено структурну схему комп'ютеризованої системи, яка включає мікроконтролер NodeMCU ESP8266, два ультразвукові датчики відстані, символьний LCD-дисплей з модулем I²C, сервопривід для керування кришкою контейнера.

3) Побудовано алгоритм роботи системи, який враховує як рівень заповненості контейнера, так і наближення користувача для відкриття кришки, забезпечуючи автономність, адаптивність і підвищену зручність експлуатації.

4) Реалізовано програмне забезпечення мікроконтролера з використанням Arduino IDE, що забезпечує функціональність усіх апаратних компонентів системи.

5) Виконано налаштування облікового запису на IoT-платформі Blynk, створено віртуальні кнопки та віджети для відображення рівня заповненості та фактів відкривання кришки контейнера, що дозволило інтегрувати систему до віддаленого моніторингу.

6) Проведено моделювання роботи пристрою у середовищі Circuit Designer, що дозволило перевірити правильність побудови електричної принципової схеми, узгодження виводів мікроконтролера та підключення датчиків і виконавчих пристроїв.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bigbelly Smart Waste Bin. URL: <https://bigbelly.com/products/bigbelly-smart> (дата звернення: 05.03.2025).
2. Monitor fill-levels of waste in bins. URL: <https://sensoneo.com/smart-waste-monitoring/> (дата звернення: 06.03.2025).
3. Система контролю вивезення смітєвих контейнерів. URL: <https://gpsm.ua/blog/kontrol-vivoza-musora-i-napolnjaemosti-kontejnerov-sistema-gpsm-eco-track/> (дата звернення: 07.03.2025).
4. Wi-Fi модуль NodeMCU V3 ESP8266. URL: <https://arduino.ua/prod1492-wi-fi-modul-nodemcu-esp8266> (дата звернення: 10.03.2025).
5. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04. URL: <https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04> (дата звернення: 11.03.2025).
6. Сервопривід DS3115 180° метал. редуктор 15кг. URL: <https://arduino.ua/prod4654-servoprivod-ds3115-180-metal-redyktor-15kg> (дата звернення: 12.03.2025).
7. LCD 1602 символний дисплей 16x2. URL: <https://arduino.ua/prod1813-lcd-1602-simvolnii-displei-16x2-jeltii> (дата звернення: 26.03.2025).
8. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
9. Буров Є.В., Митник М.М. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том перший. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 333 с.
10. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
11. Lupenko S., Lutsyk N., Yasniy O., Sobaszek Ł. Statistical analysis of human heart rhythm with increased informativeness. Acta mechanica et automatic. 2018. Vol. 12. P. 311-315.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Shabliy N., Lupenko S., Lutsyk N., Yasniy O., Malyshevska O. Keystroke dynamics analysis using machine learning methods. Applied Computer Science. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 75-83.

13. Velychko D., Osukhivska H., Palaniza Y., Lutsyk N., Sobaszek L. Artificial Intelligence Based Emergency Identification Computer System. Advances in Science and Technology Research Journal, 18 no. 2, 2024, P. 296-304.

14. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

15. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

16. Palamar A., Karpinsky M. Control of an Uninterruptible Power Supply in a DC Microgrid System. 10th International Symposium Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 10-15, 2011), Pärnu, Estonia, 2011. P. 80-84.

17. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 98, No 2. P. 129–136.

18. Погребенник В.Д., Клим Г.І., Бордун І.М., Пташник В.В., Паламар А.М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.

19. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 11-16, 2010), Pärnu, Estonia, 2010. P. 54-61.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 99, No 3. P. 133–141.

21. Stadnyk M., Palamar A. Project management features in the cybersecurity area. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 106, No 2. P. 54–62.

22. Palamar A., Palamar M. Fire Safety Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2023. 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023), Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. Vol. 3468. P. 164-172.

23. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.

24. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.

25. Voloskyi V., Leshchyshyn Y., Romanyshyn N., Palamar A., Tarasenko L. Method and algorithm for efficient cell balancing in the lithium-ion battery control system. CEUR Workshop Proceedings, The 1st International Workshop on Bioinformatics and Applied Information Technologies (BAIT 2024), Zboriv, Ukraine, October 02-04, 2024. Vol. 3842. P. 258-267.

26. Palamar A., Stadnyk M., Palamar M. Adaptive PID regulation method of uninterruptible power supply battery charge current based on artificial neural network. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 107, No 3. P. 5–13.

27. Palamar A., Voloskyi V., Kramar O., Kramar T., Stankevych O., Yatsyshyn V. Information computer system with a virtual tour for cultural heritage preservation of the Zbarazh Castle Museum's exhibition hall. CEUR Workshop Proceedings, The 3rd

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

International Workshop on Social Communication and Information Activity in Digital Humanities (SCIA 2024), Lviv, Ukraine, October 31, 2024. Vol. 3851. P. 6-16.

28. Palamar M., Horyn T., Palamar A., Batuk V. Method of calibration MEMS accelerometer and magnetometer for increasing the accuracy determination angular orientation of satellite antenna reflector. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 108, No 4. P. 79–88.

29. Yatsyshyn V., Pastukh O., Kukharska V., Palamar A., Kulikov S. Method and tool of detecting software architecture patterns in the process of computer systems development. CEUR Workshop Proceedings, 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2024), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, October 23-25, 2024. Vol. 3896. P. 12-24.

30. Palamar M., Nakonetchnyi Y., Palamar A., Strembitskyi M., Apostol Y. Modernization of the azimuth drive design for the antenna system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2025. Vol 117, No 1, P. 54–61.

31. Бедрій І.Я., Нечай В.Я. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. – Львів: Манголія 2006, 2007. 499 с.

32. Желібо Є. П. Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Каравела, 2004. 328 с.

33. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 526 с.

					КС КРБ 123.224.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедрою КС

_____ Осухівська Г.М.

“ _____ ” _____ 2025 р.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ
РІВНЯ ЗАПОВНЕНОСТІ СМІТТЄВИХ КОНТЕЙНЕРІВ МІСТА НА ОСНОВІ
ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ PhD Луцик Н.С.

“ _____ ” _____ 2025 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-42

_____ Мандзюк М.В.

“ _____ ” _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютеризована система дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.224.00.00.

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Мандзюк Максим Васильович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/7-53 від «27» січня 2025 року.

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 23.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Оформлення технічної документації до кваліфікаційної роботи бакалавра здійснюється згідно діючих вимог вітчизняних та міжнародних стандартів. Технічна документація до кваліфікаційної роботи бакалавра включає в себе текст пояснювальної записки та креслення, які максимально інформативно та стисло відображають основні результати розробки комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проектування є групи діючих стандартів ДСТУ, ISO, ЄСКД та ЕСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ДЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Система призначена для збору інформації про рівень заповненості сміттєвих контейнерів у міських умовах. Система передбачає використання ультразвукових датчиків відстані, Wi-Fi модуля та мікроконтролера для збору, обробки та передавання інформації на хмарну платформу. Дані передаються на централізовану платформу для аналізу та візуалізації, що дозволяє оптимізувати маршрути вивезення сміття та уникати переповнення контейнерів. Основним завданням є автоматизація збору даних та підвищення ефективності логістики сміттєзбиральних служб.

2.2 Мета створення системи

Метою є розробка ефективного рішення для автоматизованого контролю рівня заповнення контейнерів, зменшення витрат на вивезення сміття, зниження рівня забруднення та покращення санітарного стану міста.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом системи є сміттєві контейнери, розташовані на території міста. Вимірювання рівня заповненості здійснюється за допомогою ультразвукових датчиків, а передача даних – через бездротове з'єднання на серверну частину IoT-платформи.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютеризована система дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста на основі IoT технологій має забезпечувати автоматичний збір, передачу, обробку та візуалізацію даних про рівень заповненості контейнерів. Вона повинна працювати в реальному часі, мати високу енергоефективність і бути адаптованою до зовнішніх умов експлуатації. Також система має бути масштабованою, щоб підтримувати розширення мережі контейнерів у місті та забезпечувати інтеграцію з іншими міськими сервісами.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система повинна складатися з таких основних компонентів: сенсорні модулі для вимірювання рівня заповненості контейнерів, контролер для

обробки даних, модуль бездротового зв'язку для передавання інформації, хмарна IoT-платформа для збереження і аналізу даних та веб-інтерфейс або мобільний застосунок для перегляду інформації. Функціонування системи має включати циклічний збір і передачу даних, автоматичне оновлення інформації та можливість реагування на критичні події (наприклад, перевищення допустимого рівня заповненості).

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Передача даних між сенсорами та контролером має здійснюватися через дротовий або бездротовий зв'язок (I2C, UART). Для відправлення інформації на хмарну платформу використовується Wi-Fi з використанням модуля ESP8266. Хмарна IoT-платформа має забезпечувати безперебійну обробку та зберігання даних, а доступ користувачів до інформації повинен здійснюватися через веб-інтерфейс або мобільний додаток.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна працювати в безперервному режимі з можливістю енергозбереження під час простою. Передача даних може виконуватись у періодичному режимі або за запитом. У разі відсутності зв'язку модуль повинен тимчасово зберігати інформацію та передавати її після відновлення зв'язку.

3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Передбачається можливість інтеграції нових сенсорів (наприклад, датчиків температури, якості повітря), використання альтернативних методів зв'язку (LoRaWAN, NB-IoT) та впровадження алгоритмів прогнозування на основі зібраних даних. Також планується розробка додаткових функцій, таких як автоматичне сповіщення комунальних служб про необхідність вивезення сміття.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна мати високу стійкість до зовнішніх факторів (вологість, температура, пил), забезпечувати коректне функціонування навіть у випадку короткочасного зникнення живлення. Передбачена можливість діагностики несправностей та автоматичного відновлення роботи після збоїв.

Показники надійності системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів міста повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,7 %.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Функції та задачі, які повинна виконувати система, передбачають:

- вимірювання рівня заповненості контейнера у відсотках;
- передавання зібраних даних на хмарну платформу;
- відображення інформації у вигляді графіків та таблиць через веб-інтерфейс;
- керування відкриванням кришки контейнера в залежності від його заповненості та присутності людини;
- сповіщення відповідальних служб у разі критичного рівня заповнення.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратна частина системи повинна містити:

- ультразвуковий давач відстані для вимірювання рівня заповненості;
- додатковий ультразвуковий давач для виявлення наближення людини;
- мікроконтролер для обробки даних;
- Wi-Fi модуль для зв'язку з хмарною платформою;

- сервопривід для відкривання кришки контейнера.

Вимоги до елементної бази розробки:

- режими роботи і умови експлуатації вибраних елементів повинні відповідати вказаним в ТЗ;
- вибрана елементна база має забезпечувати необхідні режими роботи системи;
- елементна база по можливості має бути широкоживаною, доступною і дешевою. Необхідно також враховувати можливість заміни вибраних елементів на аналогічні (вітчизняні чи імпортного виробництва).

Вимоги до мікроконтролера:

- мікроконтролер має підтримувати RISC архітектуру команд;
- мікроконтролер повинен містити необхідний набір вбудованих периферійних пристроїв (таймери, АЦП і т.п.) та потрібну кількість керованих портів введення /виведення.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 1. структурна схема системи;
 2. схема електрична принципова;
 3. блок-схема алгоритму роботи програми;
 4. результати моделювання системи.

*Примітка: В комплект конструкторської документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	27.01.2025 – 02.02.2025
2.	Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання	03.02.2025 – 10.02.2025
3.	Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютеризованої системи	11.02.2025 – 28.02.2025
4.	Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютеризованої системи	01.03.2025 – 01.05.2025
5.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	02.05.2025 – 11.05.2025
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	12.05.2025 – 08.06.2025
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	09.06.2025 – 15.06.2025
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06.2025 – 22.06.2025
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	24.06.2025

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б

Перелік елементів

Додаток В

Лістинг програми

Лістинг В.1 – Код програми мікроконтролера ESP8266 для реалізації системи дистанційного моніторингу рівня заповненості сміттєвих контейнерів.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define TRIG_PIN_1 D5
#define ECHO_PIN_1 D6
#define TRIG_PIN_2 D7
#define ECHO_PIN_2 D8
#define SERVO_PIN D3

char auth[] = "xxxxxxxxxx"; // Токен Blynk
char ssid[] = "xxxxxxxxxx"; // Назва WiFi мережі
char pass[] = "xxxxxxxxxxxxxx"; // Пароль WiFi

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Адреса 0x27, дисплей 16x2
Servo lidServo;

const int maxDistance = 30; // Максимальна висота контейнера (в см)
const int distanceThreshold = 15; // Поріг наближення людини (в см)
const int maxFillLevel = 90; // Максимально допустиме заповнення
контейнера (%)

long readUltrasonicDistance(int trigPin, int echoPin) {
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    return pulseIn(echoPin, HIGH) * 0.034 / 2;
}

void openLid() {
    lidServo.write(90); // Відкрити кришку
}
```

```

void closeLid() {
    lidServo.write(0); // Закрити кришку
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Blynk.begin(auth, ssid, pass);

    pinMode(TRIG_PIN_1, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_PIN_1, INPUT);
    pinMode(TRIG_PIN_2, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_PIN_2, INPUT);

    lidServo.attach(SERVO_PIN);
    closeLid();

    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Smart Container");
    delay(2000);
}

void loop() {
    Blynk.run();

    long distanceToTrash = readUltrasonicDistance(TRIG_PIN_1,
    ECHO_PIN_1);
    long distanceToPerson = readUltrasonicDistance(TRIG_PIN_2,
    ECHO_PIN_2);

    int fillPercent = constrain(100 - (distanceToTrash * 100 /
    maxDistance), 0, 100);

    // Відправка даних на Blynk
    Blynk.virtualWrite(V1, fillPercent);

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Fill: ");
    lcd.print(fillPercent);
    lcd.print("%");
}

```

```

    if (fillPercent >= maxFillLevel) {
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Full! No Access");
        closeLid();
    } else {
        lcd.setCursor(0, 1);
        if (distanceToPerson < distanceThreshold && distanceToPerson >
0) {
            lcd.print("Opening Lid...");
            openLid();
            Blynk.virtualWrite(V2, 1); // Повідомлення про відкриття
кришки
            delay(5000); // Тримати кришку відкритою 5 секунд
            closeLid();
            Blynk.virtualWrite(V2, 0); // Кришка закрита
        } else {
            lcd.print("Waiting...");
            closeLid();
        }
    }

    delay(1000);
}

```