

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система визначення координат рухомих
об'єктів на основі GPS технологій

Виконав: студент 4 курсу, групи СІс-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Квет І.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Гащин Н.Б.

(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.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Квету Ігорю Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., 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 20.06.2025 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. Схема електрична структурна

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>проф. каф. МТ Пулинець М.І.</i>		

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання</i>	<i>03.02 – 10.02</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютеризованої системи</i>	<i>11.02 – 28.02</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютеризованої системи</i>	<i>01.03 – 01.05</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>02.05 – 11.05</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу</i>	<i>12.05 – 08.06</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>09.06 – 15.06</i>	<i>Викон.</i>
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>27.06.2025</i>	

Студент

(підпис)

Квет І.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Квет І.М. Комп'ютеризована система визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій: робота на здобуття освітнього рівня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: GPS-навігація, визначення координат, рухомі об'єкти, комп'ютеризована система, апаратне забезпечення, алгоритм.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології. На початковому етапі проаналізовано технічне завдання, визначено мету та основні функціональні можливості системи. Визначено вимоги до апаратного та програмного забезпечення відповідно до специфіки застосування.

Проведено огляд існуючих рішень і технологій для визначення координат, що дозволило обґрунтувати вибір оптимального підходу. Розроблено апаратну частину системи, здійснено підбір елементної бази та аргументовано вибір компонентів для реалізації поставленої задачі.

Запропоновано алгоритм роботи системи, який забезпечує отримання, обробку та передачу координат рухомих об'єктів. Розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера та супутніх модулів, що забезпечує коректну взаємодію компонентів системи.

Завершальним етапом стало тестування розробленої системи, оцінка її працездатності та аналіз отриманих результатів. Сформульовано висновки щодо досягнутих результатів та можливих напрямків подальшого вдосконалення системи.

ANNOTATION

Kvet I.M. Computerized system for determining the coordinates of moving objects based on GPS technologies. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: GPS navigation, coordinate determination, moving objects, computerized system, hardware, algorithm.

The qualification work is devoted to the development of a computerized system for determining the coordinates of moving objects based on GPS technology. At the initial stage, the terms of reference were analyzed, the purpose and main functionalities of the system were determined. The requirements for hardware and software were determined in accordance with the specifics of the application.

A review of existing solutions and technologies for determining coordinates was conducted, which allowed us to justify the choice of the optimal approach. The hardware of the system was developed, the element base was selected, and the choice of components for the task was substantiated.

The algorithm of the system operation is proposed, which ensures the acquisition, processing and transmission of coordinates of moving objects. Software for the microcontroller and related modules was developed to ensure the correct interaction of the system components.

The final stage was testing the developed system, evaluating its performance and analyzing the results. The conclusions on the results achieved and possible directions for further improvement of the system are formulated.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд сфер застосування систем визначення координат рухомих об'єктів	10
1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів.....	11
1.3 Огляд існуючих засобів для визначення координат рухомих об'єктів	12
1.3.1 Персональний GPS-трекер TMT250.....	14
1.3.2 Пристрій для контролю переміщення транспортних засобів Navitrack GSTM32V2	15
1.3.3 Сервіс FreeTrack GPS.....	17
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	19
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	22
2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів.....	22
2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи	24
2.2.1 Модуль NodeMCU.....	24
2.2.2 GPS-модуль GY-NEO6MV2	26
2.2.3 GSM-модуль SIM800L.....	29
2.2.4 Перетворювач MP1584	31
2.2.5 OLED-дисплей.....	33
2.3 Розробка електричної схеми пристрою	35
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	37
3.1 Розробка алгоритму роботи системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій	37
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	40

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Квет І.М.			Комп'ютеризована система визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірів		Паламар А.М.					5	80	
Рецензент		Гашин Н.Б.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41			
Н. Контр.		Луцик Н.С.							
Зав. каф.		Осуківська Г.М.							

3.2.1 Підключені бібліотеки	40
3.2.2 Початкове налаштування основних компонентів та параметрів	41
3.2.3 Функція setup	43
3.2.4 Функція loop.....	45
3.2.5 Функція sendAT	47
3.3 Реалізація передачі даних на платформу CircuitDigest Cloud	48
3.3.1 Опис платформи CircuitDigest Cloud.....	48
3.3.2 Налаштування платформи CircuitDigest Cloud	50
3.4 Результати моделювання та тестування системи	51
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	55
4.1 Менеджмент безпеки	55
4.2 Розробка захисту від пожеж та вибухів в системах опалення, вентиляції, освітлення та кондиціонування повітря.....	58
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг програми	

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

API – Application Programming Interface

GPS – Global Positioning System

GPRS – General Packet Radio Service

GSM – Global System for Mobile Communications

IoT – Internet of Things

JSON – JavaScript Object Notation

LCD – Liquid Crystal Display

LORAN – Long Range Navigation

MQTT – Message Queuing Telemetry Transport

NMEA – National Marine Electronics Association

OLED – Organic Light-Emitting Diode

TLS – Transport Layer Security

UART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

ВКРО – визначення координат рухомих об'єктів

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасні технології геолокації відіграють ключову роль у різних сферах діяльності, таких як транспортна логістика, моніторинг рухомих об'єктів, безпека та навігація. Однією з найбільш розповсюджених технологій визначення місцезнаходження є GPS, яка забезпечує високу точність та глобальне покриття. Однак, попри широкий розвиток таких систем, залишається актуальною проблема створення спеціалізованих комп'ютеризованих рішень, що дозволяють ефективно визначати координати рухомих об'єктів у реальному часі з урахуванням специфічних вимог користувача.

Актуальність розробки комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів (ВКРО) обумовлена необхідністю підвищення точності, швидкодії та надійності збору геолокаційних даних. Такі системи можуть бути використані в управлінні транспортними засобами, моніторингу вантажоперевезень, а також у пошуково-рятувальних операціях. Важливим аспектом є розробка апаратного та програмного забезпечення, що забезпечить автоматизований процес збору, обробки та передачі координат рухомих об'єктів.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютеризованої системи для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології, що включає створення апаратної платформи, програмного забезпечення та тестування працездатності системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

- аналіз технічного завдання, визначення основних функціональних можливостей системи, огляд аналогічних рішень, аналіз їхніх переваг і недоліків;
- розробка апаратної частини системи, вибір елементної бази та обґрунтування вибору компонентів;
- розробка алгоритму функціонування системи для збору та обробки координат рухомих об'єктів;

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- створення програмного забезпечення, що забезпечує взаємодію між апаратними компонентами;
- тестування розробленої системи, оцінка її працездатності та точності визначення координат.

Реалізація цієї роботи дозволить створити ефективну комп'ютеризовану систему для ВКРО, що може бути застосована у практичних завданнях моніторингу та навігації.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд сфер застосування систем визначення координат рухомих об'єктів

Комп'ютеризовані системи для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології знаходять широке застосування в різних галузях, де необхідний моніторинг місцезнаходження транспорту, вантажів, людей чи обладнання. Такі системи дозволяють підвищити ефективність управління логістикою, забезпечити безпеку об'єктів та автоматизувати різні процеси.

Однією з найпоширеніших сфер застосування є транспорт і логістика. GPS-моніторинг використовується для відстеження місцезнаходження автомобілів, вантажівок, залізничного транспорту та суден. Це дозволяє оптимізувати маршрути перевезень, знизити витрати на паливо та підвищити точність доставки вантажів. Також такі системи використовуються у громадському транспорті для надання пасажирам актуальної інформації про прибуття транспорту.

Ще однією важливою сферою є безпека та охорона. GPS-трекери встановлюють на цінні вантажі, службові автомобілі, а також застосовують для особистої безпеки людей. Наприклад, у випадку викрадення автомобіля чи несанкціонованого використання техніки можна швидко визначити їх місцезнаходження та повернути власнику.

У сільському господарстві GPS-системи використовуються для автоматизації процесів, зокрема для точного землеробства. Вони дозволяють контролювати пересування техніки, автоматично регулювати внесення добрив і пестицидів та оптимізувати обробку полів. Це підвищує продуктивність і зменшує витрати ресурсів.

В авіації та морському транспорті GPS-навігація є критично важливою для визначення маршруту польотів та курсу кораблів. Системи на основі GPS

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Квет І.М.			Аналіз технічного завдання		
Перевірив		Паламар А.М.					
Рецензент		Гашин Н.Б.					
Н. Контр.		Луцик Н.С.					
Зав. каф.		Осуківська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						10	12
					ТНТУ, каф. КС, гр. ІІс-41		

дозволяють забезпечити точне позиціонування, що особливо важливо для судноплавства в умовах відкритого океану та для авіації в умовах поганої видимості.

У спорті та туризмі також широко застосовують GPS-системи. Туристи, альпіністи та велосипедисти використовують навігаційні пристрої для планування маршрутів та орієнтування на місцевості. У спорті GPS-моніторинг застосовується для аналізу ефективності тренувань, контролю швидкості та відстані подоланих маршрутів.

Окремо варто відзначити використання GPS у рятувальних операціях та військовій сфері. Рятувальники можуть швидко визначати місцезнаходження потерпілих у гірських або лісових районах. У військовій сфері системи GPS використовуються для навігації, координації дій підрозділів та управління безпілотними апаратами.

Отже, комп'ютеризована система для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології є універсальним інструментом, який застосовується у різних галузях, підвищуючи ефективність та автоматизацію процесів.

1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів

Розробка комп'ютеризованої системи для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології потребує чіткого формулювання вимог до її функціональності, продуктивності та надійності. Вимоги до системи визначаються з урахуванням її призначення, особливостей використання та можливих обмежень апаратної і програмної частини.

Основною функціональною вимогою є можливість точного визначення географічних координат об'єкта в реальному часі. Для цього система повинна включати GPS-модуль, який отримує дані про місцезнаходження на основі сигналів супутникової навігації. Важливим є забезпечення стабільного прийому

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналу та мінімізація затримок у передачі інформації. Крім того, система повинна мати можливість передавати отримані координати користувачеві або до централізованого сервера через мережеві технології, такі як GSM, Wi-Fi або LoRaWAN, залежно від сфери застосування.

До апаратних вимог належить вибір оптимального мікроконтролера, який забезпечить швидку обробку даних та ефективну взаємодію з іншими компонентами. Енергоспоживання є ще одним важливим фактором, особливо якщо система розрахована на автономну роботу. Тому необхідно передбачити використання енергоефективних компонентів та можливість роботи від акумулятора.

Програмні вимоги до системи включають розробку алгоритмів отримання, обробки та передачі GPS-координат, а також забезпечення коректної роботи з вхідними даними. Програмне забезпечення має бути оптимізованим для швидкого реагування на зміну місцезнаходження та мінімізації похибок. Важливим аспектом є також інтерфейс користувача, якщо передбачена взаємодія з оператором через мобільний додаток або веб-інтерфейс.

Додаткові вимоги до системи включають стійкість до зовнішніх впливів, таких як зміни погодних умов, механічні навантаження та електромагнітні завади. Крім того, система має бути масштабованою та гнучкою для можливості розширення функціональності в майбутньому. Всі ці вимоги враховані під час проектування, що забезпечує ефективність, надійність та точність роботи розробленої системи.

1.3 Огляд існуючих засобів для визначення координат рухомих об'єктів

Ринок пропонує широкий вибір засобів для визначення координат рухомих об'єктів, які відрізняються за принципом роботи, точністю, автономністю та сферою застосування. До найбільш поширених рішень належать GPS-трекери, мобільні додатки для геолокації, системи моніторингу транспортних засобів, а також спеціалізовані IoT-пристрої для відстеження об'єктів.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

GPS-трекери є одними з найпопулярніших рішень для відстеження рухомих об'єктів. Вони можуть бути автономними або інтегрованими в транспортні засоби. Пристрої таких виробників, як Teltonika, Queclink, Coban, широко використовуються для моніторингу автопарків, вантажоперевезень та особистих автомобілів. Основні недоліки цих пристроїв включають залежність від супутникового сигналу, що ускладнює їх використання у міських умовах з високою забудовою або в закритих приміщеннях. Крім того, автономні GPS-трекери мають обмежений час роботи без підзарядки, що створює труднощі у довготривалому моніторингу.

Мобільні додатки для геолокації, такі як Google Maps, Life360, Find My Device, використовують GPS і мобільні мережі для визначення координат. Вони дозволяють отримувати дані про місцезнаходження смартфонів у реальному часі та мають широкий функціонал, включаючи історію переміщень і повідомлення про зміну геолокації. Проте такі додатки вимагають постійного з'єднання з інтернетом, що може бути проблемою у віддалених районах. Крім того, їх точність може знижуватися через перешкоди у стільникових мережах, а робота у фоновому режимі значно збільшує енергоспоживання пристрою.

Системи моніторингу транспортних засобів часто використовуються у логістиці та вантажоперевезеннях. Вони включають вбудовані трекери, що передають дані через GSM або супутникові канали на сервери управління. Приклади таких рішень – Wialon, GPS-Trace, Navixy. Основними недоліками цих систем є висока вартість обладнання та обслуговування, а також залежність від стабільного зв'язку для передачі даних.

ІоТ-пристрої для відстеження об'єктів є новітнім напрямком у цій сфері. Вони використовують LoRaWAN, NB-IoT або Sigfox для передачі координат, що дозволяє зменшити енергоспоживання та забезпечити автономну роботу пристроїв протягом місяців або навіть років. Виробники, такі як RAKwireless, Dragino, Quectel, пропонують модулі, які можуть інтегруватися у складніші системи моніторингу. Недоліком таких рішень є необхідність розгортання власної

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інфраструктури або залежність від операторів LPWAN-мереж, що обмежує їх використання у певних регіонах.

1.3.1 Персональний GPS-трекер TMT250

Одним із можливих апаратних аналогів проєктованої комп'ютеризованої системи є персональний карманний GPS-трекер TMT250, який пропонує компанія Skyriver [1]. Це компактний пристрій, призначений для відстеження місцезнаходження людей, домашніх тварин або рухомих об'єктів, що може бути використаний у персональній безпеці, охороні працівників у польових умовах, логістиці тощо. Відповідно до технічних характеристик, трекер підтримує GPS позиціонування, зв'язок через мережі GSM, має вбудований акумулятор, кнопку тривоги (SOS), можливість надсилання координат і подій на сервер у реальному часі (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Персональний GPS-трекер TMT250

Серед основних особливостей TMT250 варто виокремити наявність водонепроникного корпусу класу IP67, автономну роботу без потреби в постійному живленні (завдяки акумулятору ємністю до 800 мА·год), а також підтримку Bluetooth і акселерометра для виявлення руху. Пристрій може бути налаштований для періодичної передачі даних на віддалений сервер за допомогою

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

мобільного інтернету. Також вбудована SOS-кнопка дозволяє миттєво повідомити про надзвичайну ситуацію, що є важливим у системах персональної безпеки.

До переваг TMT250 можна віднести його промислову надійність, автономність, захист від вологи та пилу, а також вдале поєднання GPS-моніторингу та GSM-зв'язку у компактному форм-факторі. Готовність до використання без необхідності додаткового програмування чи збірки також спрощує впровадження у типові задачі моніторингу.

Разом із тим, існують і недоліки, які є важливими під час проєктування власної комп'ютеризованої системи. По-перше, TMT250 є закритим комерційним продуктом, і користувач обмежений у можливостях програмної кастомізації пристрою або інтеграції додаткових сенсорів чи інтерфейсів. По-друге, хоча трекер і підтримує надсилання координат, його функціональність фіксована виробником і не передбачає змін алгоритмів або логіки роботи без відповідної SDK чи підтримки з боку розробника. По-третє, вартість таких пристроїв у контексті масового розгортання може бути високою порівняно з системами на базі відкритих мікроконтролерів типу ESP8266.

Огляд трекера TMT250 дозволяє сформулювати вимоги до проєктованої системи, зокрема щодо: відкритості апаратної та програмної архітектури, можливості змінювати логіку обробки та передавання даних, інтеграції з додатковими модулями (давачами, дисплеями), доступності компонентів, а також гнучкості в налаштуванні зв'язку з обраною хмарною платформою. Це забезпечить вищу адаптивність розробки до конкретних умов і задач, на відміну від готових комерційних рішень з фіксованим функціоналом.

1.3.2 Пристрій для контролю переміщення транспортних засобів Navitrack GSTM32V2

Ще одним із промислових аналогів, який доцільно розглянути під час формування вимог до проєктованої комп'ютеризованої системи, є пристрій для контролю переміщення транспортних засобів Navitrack GSTM32V2 [2]. Цей пристрій призначений для супутникового моніторингу об'єктів, головним чином

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

транспорту, з можливістю дистанційного зчитування параметрів, контролю стану та передавання інформації на сервер у реальному часі (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Пристрій для контролю переміщення транспортних засобів
«Navitrack GSTM32V2»

Особливістю Navitrack GSTM32V2 є його здатність працювати з широким спектром зовнішніх пристроїв і датчиків завдяки наявності цифрових, аналогових і імпульсних входів, а також інтерфейсів RS-485 та 1-Wire. Пристрій оснащений вбудованими модулями GPS для визначення координат, GSM/GPRS для передачі даних, та внутрішньою пам'яттю для буферизації даних у разі відсутності зв'язку. Термінал має антивандальний захищений корпус, а його конструкція адаптована до складних умов експлуатації на транспорті.

Серед переваг варто відзначити високу надійність, стабільність передачі даних, можливість інтеграції з цифровими тахографами, CAN-шинами, а також розширену систему захисту від несанкціонованого доступу. Пристрій підтримує широкий набір функцій для логістики та автопарків, включаючи контроль витрати палива, реєстрацію подій, маршрутизацію тощо.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак у порівнянні з майбутньою проєктованою системою, яка базуватиметься на відкритій апаратній платформі, існують і певні недоліки. По-перше, Navitrack GSTM32V2 – це комерційний продукт із закритою архітектурою, що не дозволяє гнучко змінювати його логіку роботи, вбудовувати нові алгоритми або підключати нестандартні сенсори без підтримки виробника. По-друге, висока функціональність цього рішення часто є надлишковою для задач освітніх або дослідницьких проєктів, а вартість та складність інтеграції – надто високою для прототипування.

Аналіз терміналу Navitrack GSTM32V2 дозволяє сформулювати низку вимог до проєктованої системи, а саме: підтримка визначення координат за допомогою GPS-модуля, передавання даних через GSM або Wi-Fi, наявність можливості зчитування додаткових параметрів стану об'єкта, ведення буферного зберігання та гнучка програмна конфігурація. При цьому важливою залишається вимога відкритості платформи, щоб забезпечити адаптацію під конкретні потреби, чого не дозволяють промислові закриті рішення на зразок GSTM32V2.

1.3.3 Сервіс FreeTrack GPS

Одним із популярних рішень у сфері супутникового моніторингу рухомих об'єктів є український онлайн-сервіс FreeTrack GPS, що пропонує функціональні можливості для моніторингу транспортних засобів у режимі реального часу [3]. Даний сервіс позиціонується як ефективне комерційне рішення для логістичних компаній, приватних перевізників, служб доставки та інших підприємств, які потребують централізованого контролю за переміщенням автопарку. Його платформа підтримує інтеграцію з широким спектром GPS-трекерів та надає користувачу зручний веб-інтерфейс для перегляду даних, аналітики та налаштування сповіщень (рис. 1.3).

Серед основних особливостей FreeTrack GPS можна виділити: відображення поточного місцезнаходження об'єктів на карті, журнал подій та маршрутів, побудову треків за вибраний період, контроль витрат пального, налаштування геозон та отримання сповіщень при їх порушенні. Система також дозволяє

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формувати звіти щодо активності об'єктів, зупинок, простоїв, швидкості руху, перевищень ліміту швидкості та інших параметрів. Наявність мобільного додатку забезпечує доступ до платформи з будь-якого пристрою.



Рисунок 1.3 – Сервіс FreeTrack GPS

До переваг даного сервісу можна віднести стабільність роботи, зручний користувацький інтерфейс, інтеграцію з різними типами трекерів, підтримку технічної служби та розвинений функціонал, спрямований на вирішення бізнес-задач. Крім того, система дозволяє легко масштабувати кількість об'єктів спостереження, що робить її придатною для великих підприємств.

Водночас, при аналізі можливостей FreeTrack GPS у контексті створення власної комп'ютеризованої системи, варто звернути увагу й на недоліки, які можуть бути враховані при проєктуванні майбутньої розробки. По-перше, сервіс є комерційним і вимагає абонентської плати за користування, що може бути недоцільним для невеликих проєктів. По-друге, функціонал сервісу орієнтований здебільшого на транспортну сферу, тому його адаптація до спеціалізованих завдань, наприклад, моніторингу мобільних об'єктів у специфічних умовах або інтеграції з нестандартними давачами, може бути ускладненою. Також неможливо повністю контролювати серверну частину системи або змінювати алгоритми обробки даних.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Огляд FreeTrack GPS дозволяє сформулювати низку вимог до майбутньої комп'ютеризованої системи, яка буде розроблятися у межах кваліфікаційної роботи. Зокрема, важливими є: підтримка модулів GPS, реалізація передачі координат через Wi-Fi або мобільні мережі на відкритий або спеціалізований сервер, виведення інформації на дисплей у реальному часі, можливість кастомізації коду та алгоритмів без прив'язки до сторонніх комерційних сервісів. Також доцільно забезпечити мінімальні витрати на обслуговування, автономність та простоту розгортання у різних сценаріях використання. Усе це дозволить створити гнучку, функціональну та доступну альтернативу для специфічних застосувань, де промислові рішення типу FreeTrack є надмірними або недоступними.

Загалом, незважаючи на широкий вибір засобів для визначення координат, існуючі рішення мають недоліки, такі як обмежена точність у складних умовах, висока вартість та енергозалежність, необхідність постійного зв'язку з мережею. Це обґрунтовує необхідність розробки нових систем, що поєднують переваги різних технологій, забезпечуючи високу точність, надійність та автономність роботи.

1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Розробка комп'ютеризованої системи для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології передбачає вибір оптимального рішення, яке забезпечить високу точність, надійність та ефективність роботи. Аналіз існуючих підходів дозволяє виділити кілька можливих варіантів реалізації системи залежно від обраної апаратної платформи, методів передачі даних та алгоритмів обробки координат.

Розглянемо різні підходи та технічні варіанти реалізації комп'ютеризованої системи для віддаленого моніторингу геолокації транспортного засобу з передачею координат на сервер. Основними вимогами до проєктованої системи є: точне визначення координат у режимі реального часу, автономна робота в умовах

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсутності стаціонарного джерела живлення, передавання даних через мобільну мережу, доступ до координат через інтернет і візуалізація треку руху.

Одним із можливих варіантів є використання комерційних GPS-трекерів, які поєднують у собі приймач супутникових координат і GSM-модуль. Прикладом такого пристрою є TMT250 або Navitrack GSTM32V2. Однак, попри зручність готового рішення, вони не забезпечують достатньої гнучкості для індивідуального налаштування логіки передачі даних, розширення функцій або інтеграції з кастомним веб-інтерфейсом. Крім того, використання таких пристроїв зазвичай потребує підключення до платних сервісів GPS-моніторингу, що не відповідає вимогам розробки відкритої та адаптованої під конкретні умови системи.

Іншим підходом є побудова пристрою на основі мікроконтролерної платформи з відкритою архітектурою, зокрема NodeMCU на базі ESP8266. Такий підхід дозволяє повністю контролювати як апаратну, так і програмну частину системи, що відкриває можливість для її гнучкої адаптації. У поєднанні з модулем GPS, який забезпечує точне позиціонування, та модулем GSM, що дає змогу передавати координати через мережу мобільного зв'язку, можна створити автономну, недорогу та функціональну систему.

Альтернативно, передача координат може здійснюватися за допомогою WiFi-з'єднання, однак це рішення не підходить для мобільних об'єктів, які знаходяться поза межами доступу до постійних точок WiFi. В умовах руху транспортного засобу GSM-зв'язок є більш надійним і покриває більшість територій країни.

Щодо відображення даних на місці, для локального контролю стану пристрою доцільно використовувати OLED-дисплей. Він дозволяє виводити інформацію про координати, стан WiFi або GSM-зв'язку, що підвищує зручність діагностики без підключення до комп'ютера.

Для розміщення даних на сервері можливі варіанти використання сторонніх IoT-платформ або розгортання власного веб-сервера. Враховуючи ресурси ESP8266, раціонально використовувати готову платформу з API для швидкої

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізації прототипу. При цьому важливо, щоб дані можна було візуалізувати на карті, що передбачає інтеграцію з Google Maps, Leaflet або подібними сервісами.

Таким чином, аналіз можливих рішень показує, що найбільш доцільним з погляду технічної реалізації, гнучкості та вартості є використання модуля NodeMCU (ESP8266), GPS-модуля GY-NEO6MV2, GSM-модуля SIM800L, OLED-дисплея та IoT-сервера для зберігання та візуалізації даних. Це дозволяє спроектувати повністю автономну систему з передачею геокоординат і можливістю розширення її функціональності в майбутньому.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів

Структурна схема проєктованої комп'ютеризованої системи зображена на рисунку 2.1 та ілюструє взаємозв'язок основних апаратних і програмних компонентів, які забезпечують функціональність пристрою для визначення геолокації та передавання координат на віддалений сервер через GSM-зв'язок.

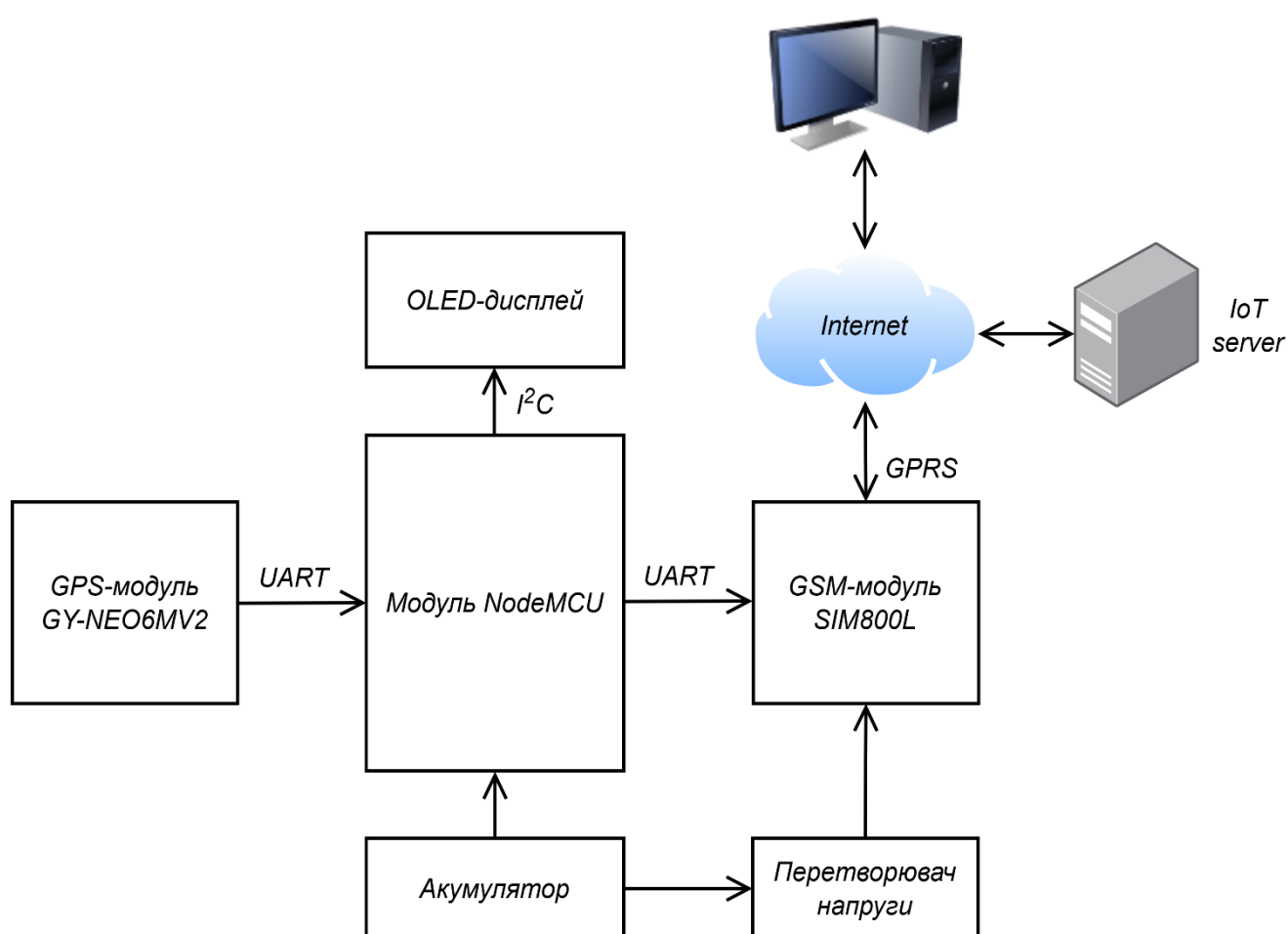


Рисунок 2.1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектна частина		
Розробив	Квет І.М.						
Перевірів	Паламар А.М.						
Рецензент	Гашин Н.Б.						
Н. Контр.	Луцик Н.С.						
Зав. каф.	Осуківська Г.М.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						22	15

Центральною частиною системи є мікроконтролерний модуль NodeMCU, побудований на базі мікроконтролера ESP8266. Саме він відповідає за приймання даних від сенсорів, обробку інформації та організацію комунікації з хмарним IoT-сервером.

До порту UART NodeMCU підключено GPS-модуль GY-NEO6MV2, який виконує функцію супутникового позиціонування та передає мікроконтролеру широту, довготу й інші супутні параметри місцезнаходження.

Визначені координати виводяться на OLED-дисплей, що дозволяє користувачу безпосередньо переглядати інформацію про поточне розташування пристрою.

Для забезпечення мобільного зв'язку та надсилання координат на сервер використовується GSM-модуль SIM800L. З'єднання між цим модулем і NodeMCU здійснюється через двонаправлений інтерфейс UART з урахуванням різних логічних рівнів, які узгоджуються за допомогою відповідного перетворювача напруги. Через GSM-зв'язок модуль SIM800L передає дані на віддалений IoT-сервер, де вони зберігаються й обробляються. Надалі ці дані можуть бути відображені користувачу у зручному вигляді за допомогою веб-інтерфейсу, що надає візуалізацію маршруту руху та інші супутні функції.

Живлення всіх компонентів здійснюється від акумулятора, напруга з якого стабілізується через перетворювач напруги, який забезпечує необхідні рівні живлення для чутливих до перенапруги елементів (зокрема GSM-модуля). Таким чином, система може автономно працювати в польових умовах без підключення до мережі.

Запропонована структурна схема забезпечує повноцінну реалізацію процесу визначення координат, відображення даних та їх передавання на сервер, а також демонструє модульність та гнучкість проєктованої системи, що дозволяє адаптувати її під різні практичні задачі.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи

2.2.1 Модуль NodeMCU

Wi-Fi модуль NodeMCU на основі мікроконтролера ESP8266 є одним із найпопулярніших рішень для розробки компактних, енергоефективних і функціонально насичених пристроїв у сфері IoT [4]. Його використання у складі комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів дозволяє реалізувати бездротову передачу GPS-координат через мережу Wi-Fi на сервер або мобільний застосунок, що значно підвищує зручність та оперативність моніторингу (рис. 2.2).

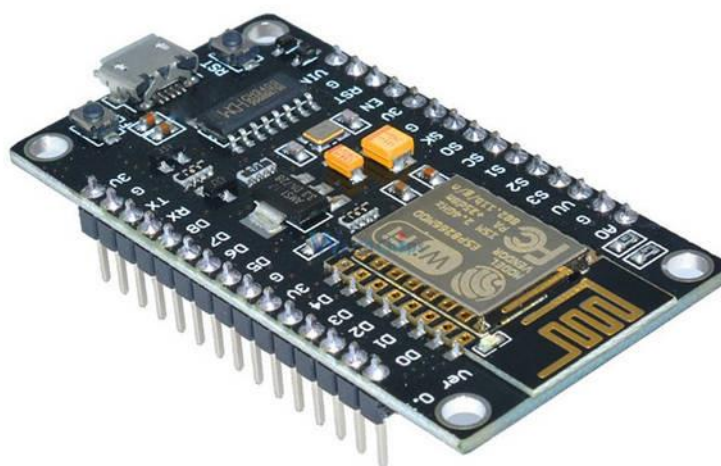


Рисунок 2.2 – Модуль NodeMCU

Будова модуля NodeMCU включає в себе мікроконтролер ESP8266, який одночасно виконує функції обчислювального ядра та Wi-Fi модуля. Плата також містить стабілізатор напруги, USB-UART перетворювач (на базі чипа CH340G), мікро-USB порт для живлення та прошивки, кнопку скидання (Reset), кнопку переведення в режим прошивки (Flash), світлодіоди індикації та виходи GPIO. Завдяки вбудованому стеку TCP/IP і підтримці протоколу HTTP, ESP8266 здатен безпосередньо взаємодіяти з веб-сервісами, базами даних та іншими мережевими ресурсами. Основні характеристики платформи ESP8266 наведені в таблиці 2.1.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Характеристики NodeMCU

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ESP8266EX
Робоча напруга	3,3 В
Вхідна напруга живлення	5 В (через microUSB)
Частота процесора	80 / 160 МГц
Об'єм Flash-пам'яті	4 МБ
Кількість GPIO-виводів	до 11
Wi-Fi стандарти	IEEE 802.11 b/g/n
Протоколи зв'язку	TCP/IP, UDP, HTTP, MQTT
Режими роботи	Клієнт Wi-Fi, Точка доступу (AP), обидва
Інтерфейси	UART, SPI, I2C, PWM, ADC

Обґрунтування вибору модуля NodeMCU базується на його універсальності, доступній ціні, енергоефективності, підтримці бездротової передачі даних та простоті програмування. Крім того, ESP8266 має потужну спільноту розробників, велику кількість бібліотек і прикладів, що суттєво полегшує процес розробки (рис. 2.3).

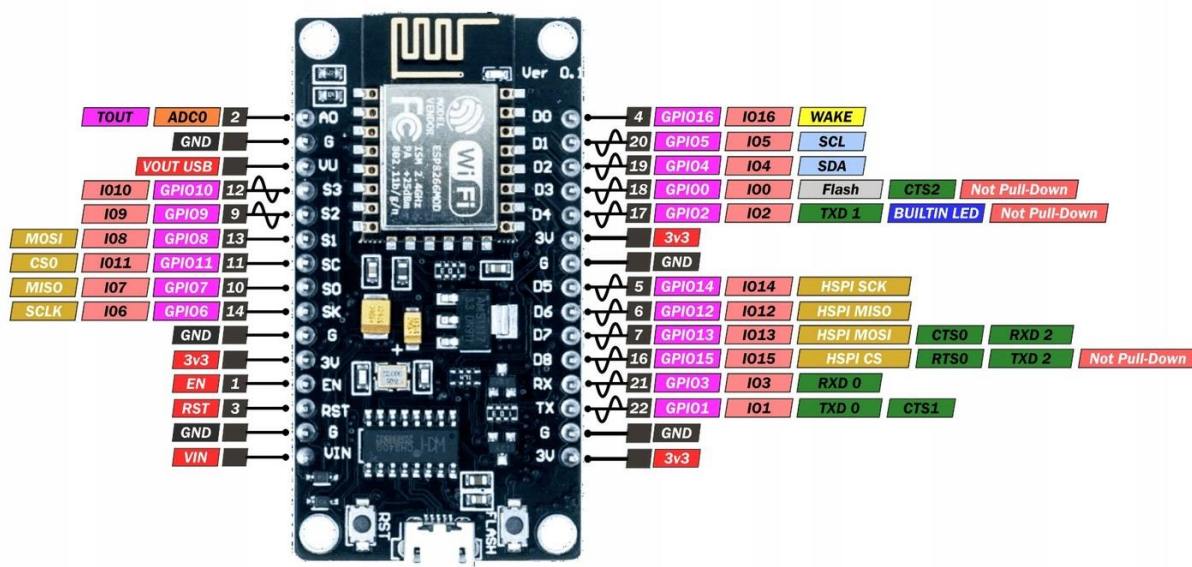


Рисунок 2.3 – Розміщення GPIO-виводів NodeMCU

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Принцип роботи модуля полягає у зчитуванні координат із GPS-модуля, обробці цих даних у програмному середовищі та надсиланні отриманої інформації на віддалений сервер або хмару через Wi-Fi. NodeMCU може працювати як Wi-Fi клієнт, так і створювати власну точку доступу, що відкриває широкі можливості для локального та віддаленого моніторингу об'єкта.

NodeMCU на основі ESP8266 є ідеальним вибором для комп'ютеризованої системи, яка потребує автономної обробки і передачі координат рухомих об'єктів. Його використання дозволяє досягти надійності, енергоефективності та зручності реалізації без потреби в додаткових пристроях чи складних комунікаційних рішеннях.

2.2.2 GPS-модуль GY-NEO6MV2

GPS-модуль GY-NEO6MV2 є популярним навігаційним модулем, який базується на чипі u-blox NEO-6M і широко використовується в різних проєктах для визначення координат [5]. Його основними перевагами є висока чутливість, стабільність роботи, низьке енергоспоживання та підтримка декількох супутникових систем. Завдяки компактним розмірам та сумісності з мікроконтролерами, він ідеально підходить для вбудованих систем, що потребують GPS-навігації (рис. 2.4).

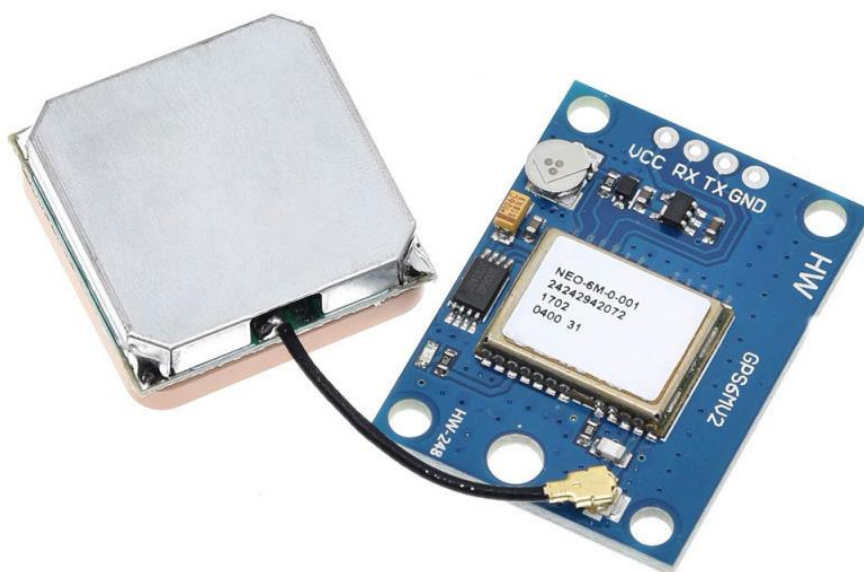


Рисунок 2.4 – GPS-модуль GY-NEO6MV2

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Модуль GY-NEO6MV2 містить чип NEO-6M, який забезпечує прийом супутникових сигналів та обчислення координат. Він підтримує обробку сигналів GPS та має вбудовані алгоритми корекції положення. Керамічна GPS-антена дозволяє отримувати сигнал від супутників із високою чутливістю (до -161 дБм), що забезпечує стабільний зв'язок навіть у складних умовах. Пам'ять EEPROM використовується для збереження налаштувань, що дозволяє зменшити час холодного старту при наступних включеннях. Світлодіодний індикатор показує стан з'єднання з супутниками. Електрична схема GPS-модуля GY-NEO6MV2 зображена на рис. 2.5.

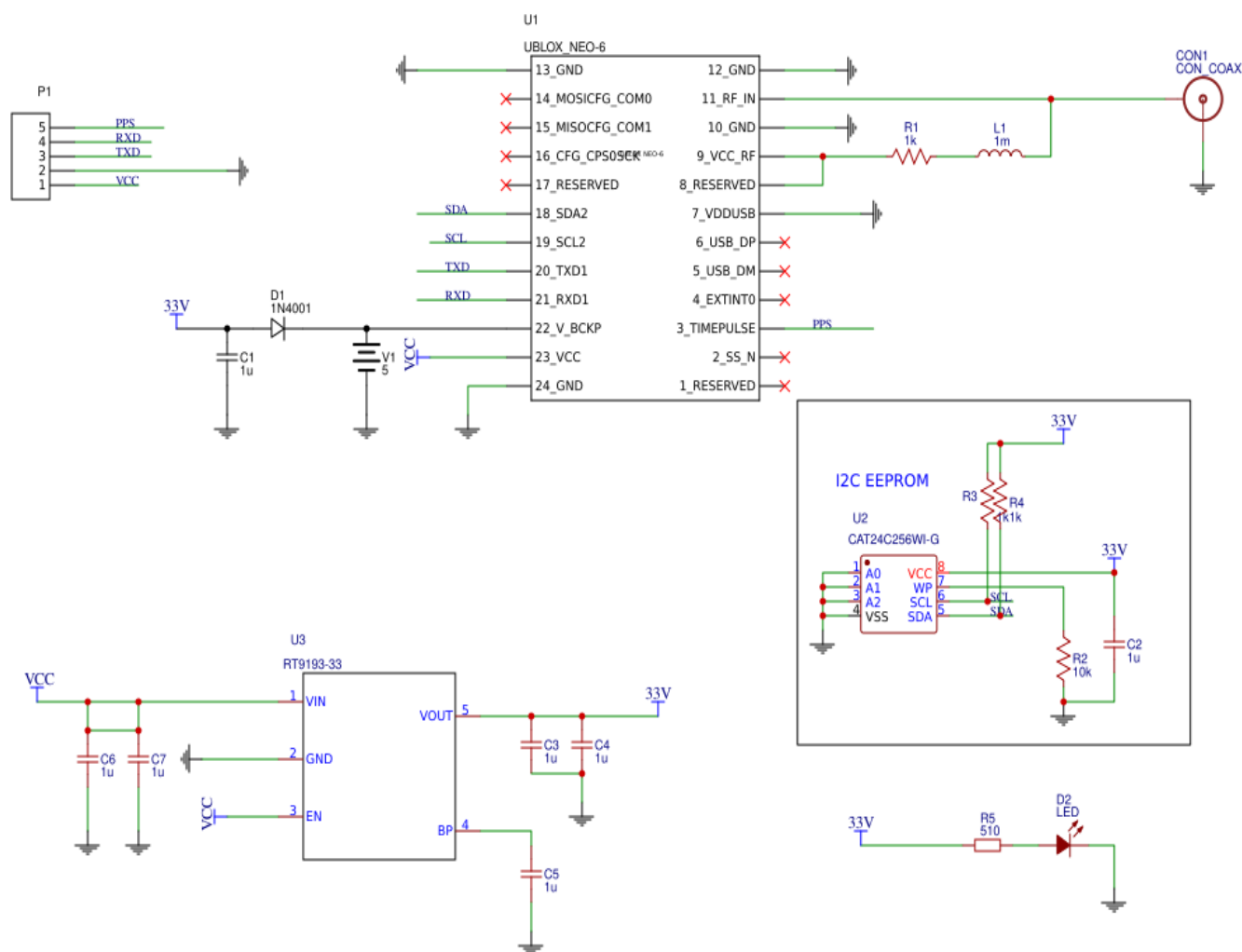


Рисунок 2.5 – Електрична схема GPS-модуля GY-NEO6MV2

GPS-модуль має чотири основні виводи:

- VCC (живлення);

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- GND (земля);
- TX (передача даних);
- RX (прийом даних).

Модуль працює за принципом прийому сигналів від супутників GPS. Чип NEO-6M аналізує ці сигнали та розраховує поточні координати на основі методу трилатерації. Після обчислення позиції модуль передає дані у стандартному форматі NMEA через інтерфейс UART, що дозволяє легко інтегрувати його з мікроконтролерами. Технічні характеристики GPS-модуля GY-NEO6MV2 представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики GPS-модуля

Характеристика	Значення
Напруга живлення	3,3–5 В
Робочий струм	≈45 мА
Чутливість	до -161 дБм
Час холодного старту	38 с
Час гарячого старту	1 с
Точність визначення координат	до 2,5 м
Частота оновлення даних	до 5 Гц
Робочий діапазон температур	-40°C...+85°C

Модуль GY-NEO6MV2 було обрано для реалізації системи визначення координат рухомих об'єктів через його високу точність, низьке енергоспоживання та простоту інтеграції. Він підтримує широкий діапазон напруги живлення, що дозволяє легко підключати його до мікроконтролерів без додаткових перетворювачів рівнів сигналів. Крім того, модуль має компактні розміри та вбудовану антену, що спрощує розміщення в пристроях з обмеженим простором.

Завдяки високій чутливості прийому, модуль стабільно працює навіть у міських умовах, де є часткове перекриття сигналу будівлями. Також можливе

підключення зовнішньої антени через SMA-роз'єм для покращення прийому в складних умовах.

Отже, GY-NEO6MV2 є оптимальним рішенням для розроблення системи визначення координат, оскільки він забезпечує точне позиціонування, швидкий час старту та стабільну передачу даних у зручному форматі.

2.2.3 GSM-модуль SIM800L

GSM-модуль SIM800L є компактним та ефективним рішенням для реалізації бездротового зв'язку в проєктах, де необхідна передача даних або текстових повідомлень через мобільну мережу [6]. Його застосування у комп'ютеризованій системі визначення координат рухомих об'єктів забезпечує можливість передавати GPS-координати через SMS або GPRS навіть у тих умовах, де відсутнє підключення до Wi-Fi мережі, що значно розширює сферу застосування системи (рис. 2.6).

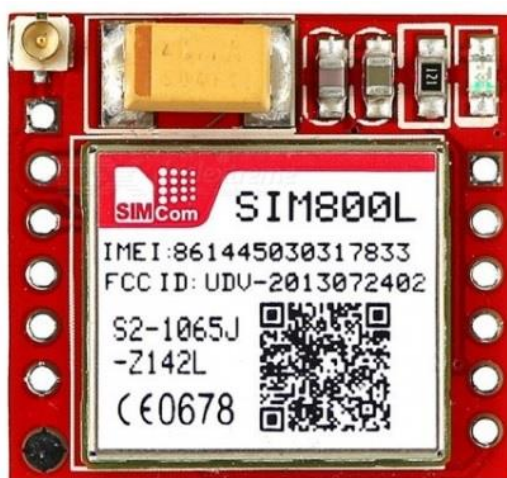


Рисунок 2.6 – GSM-модуль SIM800L

Будова модуля SIM800L включає мікросхему GSM/GPRS-модему SIM800 від компанії SIMCom, кварцовий резонатор, антену (зазвичай у вигляді виводу або гнучкої зовнішньої антени), стабілізатор живлення, необхідні пасивні компоненти, а також виводи для підключення живлення, UART-інтерфейсу та SIM-картки. Плата модуля надзвичайно компактна, що дозволяє легко інтегрувати її у

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

портативні або мініатюрні пристрої. SIM800L підтримує частоти GSM 850/900/1800/1900 МГц, що забезпечує роботу в більшості країн світу. В таблиці 2.3 приведені характеристики SIM800L.

Таблиця 2.3 – Характеристики модуля SIM800L

Характеристика	Значення
Підтримка мереж	GSM/GPRS: 850/900/1800/1900 МГц
Напруга живлення	3.7–4.4 В
Струм споживання	~100–250 мА (в робочому режимі) ~1 мА (в режимі очікування)
Інтерфейс зв'язку з мікроконтролером	UART
Формат SIM-картки	Micro-SIM або стандартна SIM
Підтримка SMS	Так (надсилання і прийом)
Підтримка GPRS	Так (TCP/UDP, HTTP)
Робоча температура	-40°C ... +85°C

Принцип роботи модуля полягає у взаємодії з мікроконтролером через інтерфейс UART. Керування модулем здійснюється за допомогою AT-команд, які надсилаються з мікроконтролера. Модуль може підключатися до мобільної мережі, надсилати та приймати SMS, здійснювати голосові дзвінки, а також передавати дані через GPRS. У контексті даної комп'ютеризованої системи, SIM800L використовується для передачі координат, отриманих від GPS-модуля, до користувача або сервера, що дозволяє організувати моніторинг об'єкта на великій відстані.

Вибір SIM800L ґрунтується на його компактності, енергоефективності, простоті інтеграції та універсальності. Він не вимагає складної апаратної реалізації й може працювати від акумуляторного живлення, що особливо важливо для мобільних систем. Завдяки широкій підтримці AT-команд і наявності великої кількості бібліотек, модуль легко програмується і конфігурується. Його використання дозволяє уникнути необхідності створення складних радіоканалів

або залучення додаткового обладнання, достатньо лише SIM-картки з мобільним зв'язком.

Модуль SIM800L є оптимальним вибором для мобільної комп'ютеризованої системи, оскільки забезпечує стабільний зв'язок навіть у віддалених регіонах, де немає доступу до інших бездротових технологій. Його використання дозволяє гарантувати доставку координат користувачу в реальному часі за допомогою SMS або пакетної передачі даних, що суттєво підвищує функціональність та автономність системи.

2.2.4 Перетворювач MP1584

DC-DC перетворювач MP1584 є компактним та високоефективним модулем імпульсного типу, який дозволяє перетворювати вхідну напругу постійного струму в діапазоні 4.5–28 В у стабілізовану нижчу вихідну напругу, що може бути встановлена вручну за допомогою потенціометра [7]. У проєктованій комп'ютеризованій системі він використовується для живлення GSM модуля від акумулятора з вищою напругою, забезпечуючи стабільність роботи компонентів (рис. 2.7).

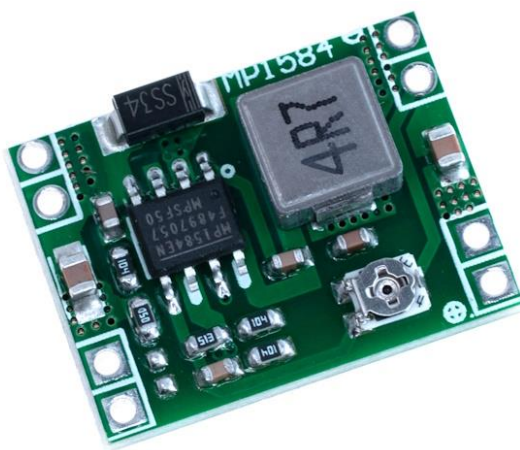


Рисунок 2.7 – Перетворювач MP1584

Будова модуля включає основний контролер MP1584 – сучасний імпульсний понижуючий стабілізатор з високою частотою комутації до 1.5 МГц, що дозволяє досягти високої ефективності перетворення енергії. На платі також розміщені

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

дросель, діод Шотткі, вихідні та вхідні фільтрувальні конденсатори, змінний резистор для встановлення вихідної напруги та гвинтові/пайкові клеми для з'єднання.

Принцип роботи полягає у перетворенні вхідної високої напруги постійного струму у вихідну нижчу напругу за допомогою ШІМ. Контролер MP1584 регулює співвідношення тривалості імпульсів до пауз, підтримуючи стабільну вихідну напругу незалежно від змін навантаження або вхідної напруги. Дросель та конденсатори згладжують коливання, що виникають під час комутації, забезпечуючи стабільне живлення на виході. В таблиці 2.4 наведені параметри перетворювача MP1584.

Таблиця 2.4 – Параметри перетворювача MP1584

Параметр	Значення
Вхідна напруга	4.5 В – 28 В
Вихідна напруга	0.8 В – 20 В (регульована)
Максимальний вихідний струм	До 3 А
Робоча частота комутації	До 1.5 МГц
Ефективність	До 92%
Тип регулятора	Імпульсний понижуючий (Step-down, Buck)
Габарити	~22 мм × 17 мм
Регулювання виходу	Підлаштування потенціометром

Вибір MP1584 у проєкті обґрунтований такими чинниками. По-перше, він має високий струм навантаження до 3 А, що дозволяє одночасно жити кілька енергоємних модулів (зокрема, GSM-модуль SIM800L, який під час передачі може споживати імпульсно до 2 А). По-друге, широкі діапазони вхідної та вихідної напруг забезпечують універсальність при підключенні до різних джерел живлення. По-третє, модуль має компактні розміри, просте ручне регулювання та високу

ефективність до 92 %, що є критичним для автономних систем, де важлива енергоефективність.

Завдяки високій надійності, стабільності параметрів, компактності та можливості роботи з навантаженням до 3 А, перетворювач MP1584 є оптимальним варіантом для побудови автономної комп'ютеризованої системи, яка потребує стабільного живлення з можливістю гнучкого регулювання під конкретні модулі.

2.2.5 OLED-дисплей

OLED-дисплей є сучасним типом індикатора, що забезпечує якість зображення, мале енергоспоживання та компактні розміри, що робить його оптимальним вибором для вбудованих комп'ютеризованих систем, зокрема — систем визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS [8]. Найпоширенішим варіантом у цій сфері є монохромний OLED-дисплей на контролері SSD1306 (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – OLED-дисплей

Будова OLED-дисплея базується на органічних світлодіодах, які самі випромінюють світло при подачі напруги. Це дозволяє відмовитися від додаткового підсвічування, що характерно для традиційних LCD-дисплеїв. Конструкція такого дисплея включає тонкий шар органічного матеріалу,

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщеного між анодом і катодом. Під час подачі електричного струму електрони та "дірки" рекомбінують у світловипромінюючому шарі, що створює світіння. Для відображення зображення використовується матриця керування, де кожен піксель контролюється індивідуально.

OLED-дисплеї з контролером SSD1306 мають вбудовану пам'ять дисплея, яка дозволяє відображати графіку або текст без потреби постійного оновлення з боку мікроконтролера. Завдяки протоколу I²C та широкій підтримці середовищ програмування, інтеграція дисплея в проєкт є досить простою. В таблиці 2.5 наведені параметри OLED-дисплея.

Таблиця 2.5 – Параметри OLED-дисплея

Параметр	Значення
Тип дисплея	OLED монохромний
Роздільна здатність	128 x 64 пікселі
Діагональ	0.96 дюйма
Контролер	SSD1306
Інтерфейс	I ² C
Напруга живлення	3.3–5 В
Споживання струму	~20 мА (в активному режимі)
Робоча температура	-20°C ... +70°C
Кут огляду	До 160°

Вибір OLED-дисплея для реалізації комп'ютеризованої GPS-системи є обґрунтованим з кількох причин. По-перше, він дозволяє виводити інформацію про координати, швидкість, час та інші параметри безпосередньо на місці, без потреби в підключенні зовнішнього екрана. По-друге, дисплей споживає дуже мало енергії, що критично важливо для портативних або мобільних систем. Крім того, OLED-дисплеї відзначаються високою контрастністю і добрим зображенням навіть при яскравому освітленні, що особливо актуально для польових умов.

Використання OLED-дисплея в даній комп'ютеризованій системі забезпечує зручний вивід інформації в реальному часі, що підвищує інформативність і зменшує залежність користувача від зовнішніх пристроїв. Це дозволяє створити компактну, мобільну та автономну систему моніторингу координат рухомих об'єктів.

2.3 Розробка електричної схеми пристрою

У цьому проєкті електрична принципова схема, яка зображена на рисунку 2.9, визначає, як саме окремі модулі взаємодіють між собою, забезпечуючи злагоджену роботу всієї системи.

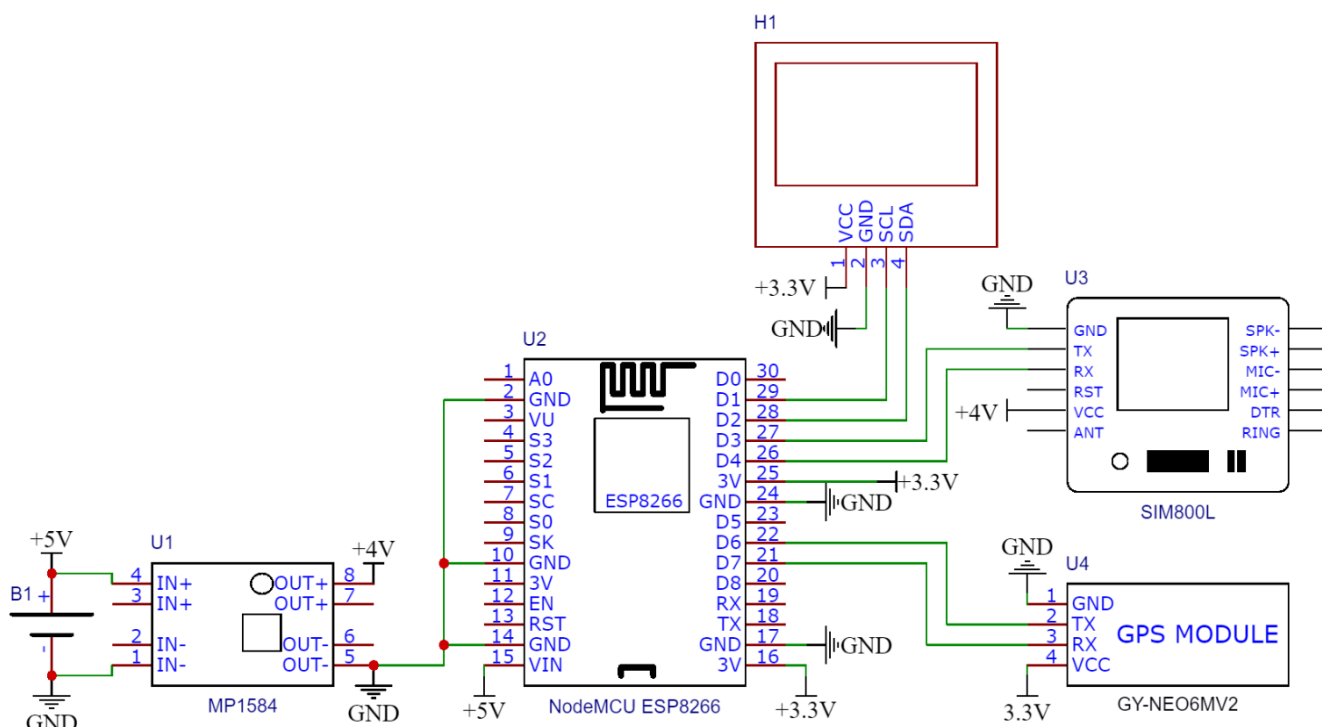


Рисунок 2.9 – Схема електрична принципова пристрою для визначення координат рухомих об'єктів

Центральним елементом електричної схеми є модуль NodeMCU на базі мікроконтролера ESP8266 (U2), яка виконує роль головного керуючого пристрою. Саме до її виводів підключено інші функціональні блоки, зокрема GPS-модуль GY-NEO6MV2, GSM-модуль SIM800L та OLED-дисплей. NodeMCU забезпечує

обробку даних, передавання координат через мобільну мережу та локальний вивід інформації на дисплей.

GPS-модуль (U4) підключено до мікроконтролера через інтерфейс UART, використовуючи виводи TX і RX. Він отримує живлення 3,3 В безпосередньо з NodeMCU. До уваги було взято вимоги щодо рівнів сигналів, оскільки модуль GY-NEO6MV2 працює з логічними рівнями 3,3 В, сумісними з NodeMCU. Дані з GPS-модуля надходять у форматі NMEA, який мікроконтролер обробляє для виділення широти, довготи та швидкості.

GSM-модуль SIM800L (U3), який відповідає за передавання GPS-координат до хмарної платформи, також підключено через UART, але із використанням програмного порту, щоб уникнути конфлікту з GPS-модулем. Важливим питанням є живлення GSM-модуля: для його стабільної роботи необхідне джерело з напругою 3,7–4,2 В та струмом не менше 2 А, тому в схемі передбачено окреме живлення від Li-Ion акумулятора або стабілізованого джерела живлення.

OLED-дисплей (H1) підключено за протоколом I²C до виводів D1 (SCL) і D2 (SDA) мікроконтролера NodeMCU. Дисплей також живиться від 3,3 В. Через цей дисплей користувач має змогу переглядати поточні координати, швидкість та стан з'єднання з мережею в реальному часі. Підключення за I²C дає змогу зменшити кількість задіяних виводів на мікроконтролері, що критично для компактного пристрою.

Для живлення всієї системи використовувалося джерело постійної напруги 5 В, з якого через понижуючий перетворювач MP1584 (U1) здійснювалося живлення окремих вузлів (3,3 В для ESP8266 і OLED, 4 В для SIM800L).

Електрична принципова схема проєктованого пристрою є компактною, енергоефективною та достатньо стабільною для використання в умовах мобільності. Вона забезпечує коректну роботу всіх функціональних блоків та підтримує розширення й модернізацію без суттєвих змін у загальній структурі. Усі підключення були реалізовані з дотриманням специфікацій компонентів і з урахуванням електричних характеристик для забезпечення довготривалої безперебійної роботи системи.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка алгоритму роботи системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій

У межах цього проєкту основною метою є розробка алгоритму (рис. 3.1), що дозволяє ефективно використовувати GPS-модуль у складі комп'ютеризованої системи з урахуванням вимог до точності, швидкості оновлення даних, енергоспоживання та стабільності роботи в умовах реального середовища.

Основним джерелом геолокаційних даних у системі є GPS-модуль, який отримує сигнали від супутників GNSS. Модуль постійно обробляє сигнали з кількох супутників і визначає поточні координати об'єкта – широту, довготу, висоту над рівнем моря, а також супутню інформацію: швидкість руху, напрямок, точність визначення положення, кількість супутників. В алгоритмі враховано, що модуль потребує певного часу для "холодного старту" – 30–60 секунд, тому перші етапи включають ініціалізацію обладнання та очікування на стабільний сигнал.

Після встановлення з'єднання з достатньою кількістю супутників (зазвичай не менше чотирьох), модуль передає дані у форматі NMEA через UART-інтерфейс до мікроконтролера. В алгоритмі передбачено використання спеціалізованих бібліотек для обробки NMEA-рядків, що дозволяє здійснити парсинг даних та витягти з них ключову інформацію. На цьому етапі здійснюється перевірка валідності координат, адже модуль може надсилати неактуальні або неповні дані у разі погіршення сигналу або втрати зв'язку із супутниками.

У наступному блоці алгоритму реалізовано логіку обробки та фільтрації координат. Для уникнення надмірної кількості запитів на сервер або хибного спрацювання передбачено порівняння нових координат із попередніми. Якщо зміна координат не перевищує певного порогового значення (наприклад, 5 метрів),

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Квет І.М.			Практична частина			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірів		Паламар А.М.								37	18
Рецензент		Гащин Н.Б.									
Н. Контр.		Луцик Н.С.									
Зав. каф.		Осуківська Г.М.									
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41						

система інтерпретує це як відсутність значущого руху і не виконує передачу даних. Таким чином досягається економія трафіку та зменшення навантаження на сервер.

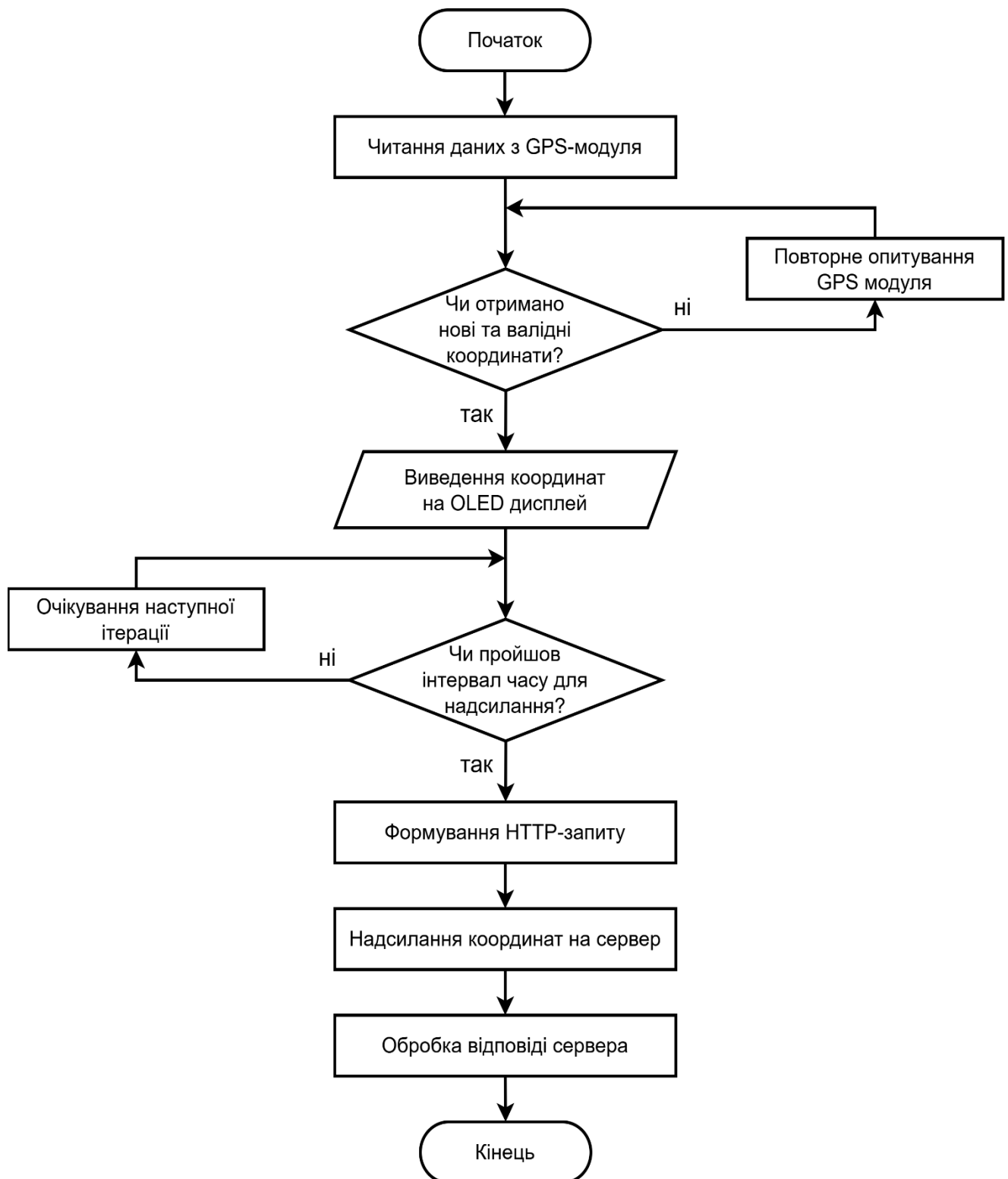


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи головної циклічної підпрограми loop у системі визначення координат рухомих об’єктів

Після обробки координат здійснюється їх передавання до хмарної платформи. У розробленій системі для цього використано мікроконтролер з підтримкою бездротового зв'язку, що підключається до мережі Wi-Fi. Дані передаються у форматі JSON або через HTTP-запити / MQTT-протоколи залежно від функціоналу обраної платформи. При цьому враховано можливість тимчасової втрати зв'язку: у таких випадках координати буферизуються у пам'яті мікроконтролера до моменту відновлення підключення.

Для забезпечення безпеки передавання даних передбачено можливість використання HTTPS-з'єднання або MQTT з TLS-шифруванням. Крім того, для ідентифікації кожного пристрою в системі застосовується унікальний ідентифікатор, який дозволяє сервісу однозначно ідентифікувати джерело даних, групувати координати та будувати індивідуальні треки руху.

Важливою частиною алгоритму є візуалізація та аналіз переданих координат на стороні хмарної платформи. У цьому проєкті була використана IoT-платформа CircuitDigest Cloud, яка має вбудований інструмент GeoLinker. Цей інструмент автоматично приймає координати та будує карту руху об'єкта, відображаючи її у веб-інтерфейсі. Також користувач отримує доступ до історії переміщень, можливості встановлення геозон та надсилання повідомлень у разі виходу об'єкта за встановлені межі.

З метою оптимізації енергоспоживання система реалізована таким чином, щоб у разі відсутності руху мікроконтролер переходив у режим сну. Це дозволяє використовувати систему в автономному режимі з живленням від акумулятора або павербанку впродовж тривалого часу.

Запропонований алгоритм забезпечує стабільну, точну та ефективну роботу комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів із використанням GPS-технологій. Його структура дозволяє адаптувати систему до різних типів об'єктів моніторингу, розширювати функціональність завдяки інтеграції додаткових сенсорів або засобів комунікації та масштабувати архітектуру без значних змін у логіці програмного забезпечення.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка програмного забезпечення

3.2.1 Підключені бібліотеки

У процесі розробки ПЗ для системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій було використано низку спеціалізованих бібліотек, що забезпечують коректну взаємодію мікроконтролера ESP8266 з периферійними пристроями, модулем GPS, дисплеєм та Wi-Fi мережею. Ці бібліотеки суттєво спрощують реалізацію функціональних можливостей системи, дозволяючи розробнику зосередитися на логіці програми, а не на низькорівневій обробці даних (рис. 3.2).

```
#include <TinyGPSPlus.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
```

Рисунок 3.2 – Лістинг коду з підключенням бібліотек

Бібліотека TinyGPSPlus.h використовується для обробки даних, отриманих з GPS-модуля. Вона дозволяє ефективно декодувати NMEA-повідомлення, які надсилає модуль, і зручно отримувати координати (широту, довготу), висоту над рівнем моря, точний час, кількість супутників та інші параметри. Завдяки TinyGPSPlus дані з GPS легко фільтруються, обробляються та перевіряються на валідність, що критично важливо для забезпечення надійної роботи системи позиціонування.

Бібліотека SoftwareSerial.h забезпечує програмну реалізацію послідовного порту, що дає змогу підключити GPS-модуль та GSM-модуль до будь-яких цифрових пінів ESP8266, навіть якщо апаратний UART уже використовується або недоступний. Це дозволяє паралельно працювати з GPS, GSM та виводити діагностичні повідомлення через Serial Monitor без конфліктів у передачі даних.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення підключення пристрою до мережі Wi-Fi використовується бібліотека ESP8266WiFi.h. Вона дозволяє ініціалізувати з'єднання з бездротовою мережею, отримувати локальну IP-адресу, перевіряти статус підключення та працювати з мережею у режимі клієнта чи точки доступу. У даному проєкті її функції використовуються для підключення ESP8266 до мережі Інтернет і подальшої передачі GPS-координат на хмарну IoT-платформу.

Бібліотека ESP8266HTTPClient.h дозволяє реалізувати HTTP-запити, зокрема метод POST, для надсилання координат на віддалений сервер. Завдяки цій бібліотеці реалізується повноцінна взаємодія з веб-сервісом: відкриття з'єднання, формування запиту, надсилання даних та обробка відповіді сервера.

Для роботи з OLED-дисплеєм у проєкті використано дві бібліотеки — Adafruit_GFX.h та Adafruit_SSD1306.h. Бібліотека Adafruit_GFX є універсальним графічним рушієм, який забезпечує базові функції виведення тексту та графічних елементів (ліній, прямокутників, зображень) на екрані. Водночас бібліотека Adafruit_SSD1306 містить специфічні функції для роботи з дисплеями, що використовують контролер SSD1306. Завдяки їм стало можливим виведення GPS-координат та діагностичної інформації на компактний OLED-екран без потреби у складному графічному коді.

Загалом використання цих бібліотек значно підвищує ефективність розробки програмного забезпечення, забезпечує стабільну взаємодію з усіма модулями та дозволяє досягнути високої надійності та функціональності системи при відносно невеликому обсязі коду.

3.2.2 Початкове налаштування основних компонентів та параметрів

У програмному коді комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій важливу роль відіграє блок початкового налаштування основних апаратних компонентів та параметрів з'єднання з мережею. На початку програми оголошуються змінні, що визначають параметри OLED-дисплея, Wi-Fi-з'єднання, GPS-модуля, GSM-модуля та IoT-

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

платформи. Цей фрагмент коду виконує ключову підготовчу функцію для коректної взаємодії усіх компонентів системи (рис. 3.3).

```
// ==== OLED дисплей ====
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
// ==== WiFi ====
const char* ssid = "WIFIxxxxxxxxx";
const char* password = "xxxxxxxxxxxxxxxxx";
// ==== GPS ====
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial gpsSerial(D7, D6); // RX, TX (GPS)
const char* serverUrl = "http://cloud.circuitdigest.com/api/geolinker";
const char* deviceID = "DEVICEXXXXXX";
// ==== GSM модуль (TX - D4, RX - D3) ====
SoftwareSerial gsmSerial(D4, D3); // TX, RX (GSM)
// ==== Таймер ====
unsigned long lastSent = 0;
const unsigned long sendInterval = 10000;
```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду для початкового налаштування основних апаратних компонентів та параметрів з’єднання з мережею

Для налаштування OLED-дисплея використано макроси `#define`, якими задаються роздільна здатність екрана: ширина — 128 пікселів, висота — 64 пікселі. Параметр `OLED_RESET` встановлено в значення -1, оскільки в даному проєкті не використовується окрема лінія скидання. Ініціалізація дисплея здійснюється через об’єкт `display`, створений на основі класу `Adafruit_SSD1306`. Він використовує інтерфейс I²C (Wire) для обміну даними між мікроконтролером і дисплеєм, що дозволяє зекономити пінів мікроконтролера та спростити схему.

Далі йде налаштування параметрів бездротової мережі. Змінні `ssid` та `password` містять назву Wi-Fi мережі та відповідний пароль. Вони використовуються у функції підключення мікроконтролера до Інтернету через модуль ESP8266, що є критично важливим для забезпечення обміну даними з хмарною платформою.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

GPS-модуль конфігурується через бібліотеку TinyGPSPlus, яка дозволяє ефективно обробляти вхідні дані у форматі NMEA. Для передачі даних між GPS-модулем і ESP8266 використовується програмний послідовний порт, створений за допомогою об'єкта `gpsSerial`, який використовує виводи D7 (RX) та D6 (TX). А для роботи з GSM-модулем – послідовний порт, створений за допомогою об'єкта `gsmSerial`, який використовує виводи D4 (RX) та D3 (TX). Це дозволяє уникнути конфлікту з основним апаратним UART мікроконтролера, який одночасно використовується для налагодження через USB.

Щоб система могла надсилати координати на віддалену IoT-платформу, оголошено змінні, пов'язані з адресою сервера та ідентифікатором пристрою. Змінна `serverUrl` містить URL API-інтерфейсу, на який передаються дані (у прикладі використано платформу CircuitDigest Cloud із сервісом GeoLinker). Унікальний ідентифікатор пристрою `deviceId` дозволяє однозначно ідентифікувати джерело даних на сервері.

Також у коді оголошуються змінні для реалізації таймера передачі. `lastSent` зберігає час останньої відправки даних, а `sendInterval` визначає інтервал між двома послідовними запитами до хмарного сервера. У цьому випадку передача координат відбувається кожні 10 секунд, що дозволяє досягнути оптимального балансу між точністю відстеження й економією енергоспоживання та обсягів переданих даних.

Загалом цей фрагмент коду забезпечує базову ініціалізацію всіх ключових компонентів системи — дисплея, Wi-Fi-з'єднання, GPS-модуля, GSM-модуля та механізму обміну з хмарною платформою, що є передумовою для подальшої реалізації функціоналу в основному циклі програми.

3.2.3 Функція `setup`

У функції `setup()` здійснюється ініціалізація всіх основних компонентів комп'ютеризованої системи, зокрема портів, GPS-модуля, GSM-модуля, OLED-дисплея та Wi-Fi-з'єднання (рис. 3.4). Першим кроком виконується запуск послідовного монітора з бітрейтом 115200 бод для налагодження та виведення

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

діагностичних повідомлень через порт USB. Одразу після цього запускається програмна послідовна передача даних між мікроконтролером і GPS-модулем на швидкості 9600 бод, а також окремий серійний порт для зв'язку з GSM-модулем на тій самій швидкості.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  gpsSerial.begin(9600);
  gsmSerial.begin(9600);
  // OLED
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("OLED не знайдено"));
    while (true);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setCursor(0, 0);
  display.print("GPS трекер");
  display.display();
  // WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);
  display.setCursor(0, 10);
  display.print("Підключення WiFi...");
  display.display();
  int attempt = 0;
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && attempt < 20) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    attempt++;
  }
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    display.setCursor(0, 20);
    display.print("WiFi OK: ");
    display.print(WiFi.localIP());
    display.display();
  } else {
    display.setCursor(0, 20);
    display.print("WiFi недоступний");
    display.display();
  }
  delay(1000);
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду функції setup()

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Наступним етапом виконується ініціалізація OLED-дисплея. У разі невдалого запуску мікроконтролер зупиняє виконання програми, виводячи повідомлення про помилку. Якщо дисплей успішно ініціалізовано, його екран очищується, задаються параметри відображення тексту — розмір, колір, координати — та виводиться назва пристрою "GPS трекер", що свідчить про старт роботи системи.

Після цього здійснюється спроба підключення до Wi-Fi-мережі за вказаними у змінних ssid та password параметрами. На дисплеї виводиться повідомлення про процес підключення. Цикл перевірки на успішне з'єднання виконується з обмеженням у 20 спроб, кожна з яких супроводжується затримкою в 500 мілісекунд. Якщо Wi-Fi підключення встановлено, на дисплей виводиться IP-адреса, призначена мікроконтролеру, що підтверджує готовність до передавання даних у хмарну платформу. Якщо ж з'єднання не вдалось встановити, виводиться повідомлення "WiFi недоступний", що свідчить про необхідність використання альтернативного каналу передавання даних, зокрема GSM-зв'язку.

Функція setup() виконує ключову роль в ініціалізації пристрою та створює основу для подальшого виконання основного алгоритму роботи системи, забезпечуючи початкове налаштування всіх апаратних компонентів.

3.2.4 Функція loop

Функція loop() виконує безперервний моніторинг даних, що надходять з GPS-модуля, та періодичну передачу геолокаційної інформації на хмарну платформу за допомогою Wi-Fi або GSM-зв'язку залежно від доступності підключення (рис. 3.5). На початку кожного циклу роботи функції перевіряється, чи є доступні для зчитування байти даних у програмному серійному інтерфейсі, який з'єднаний з GPS-модулем. У разі наявності таких даних відбувається їх поетапне декодування за допомогою об'єкта gps, що належить до бібліотеки TinyGPSPlus.

Далі система перевіряє, чи було оновлено координати та чи є вони дійсними. Якщо нові координати доступні, змінні lat та lon приймають значення широти та

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довготи відповідно. Отримані координати одразу виводяться у серійну консоль для відлагодження, а також відображаються на OLED-дисплеї, де попередньо очищується екран, встановлюється курсор, і виводиться текстова інформація у зручному для зчитування форматі.

```
void loop() {
  while (gpsSerial.available()) {
    gps.encode(gpsSerial.read());
  }
  if (gps.location.isUpdated() && gps.location.isValid()) {
    double lat = gps.location.lat();
    double lon = gps.location.lng();
    Serial.print("Lat: "); Serial.println(lat, 6);
    Serial.print("Lon: "); Serial.println(lon, 6);
    // OLED
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("Lat: "); display.println(lat, 6);
    display.print("Lon: "); display.println(lon, 6);
    display.display();
    // Надсилання
    if (millis() - lastSent > sendInterval) {
      if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        sendViaWiFi(lat, lon);
      } else {
        sendViaGSM(lat, lon);
      }
      lastSent = millis();
    }
  }
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг коду функції loop()

Ключовим елементом функції є перевірка часу, що минув з моменту останнього передавання координат. Якщо з моменту попередньої передачі пройшло більше ніж вказаний інтервал (sendInterval, у даному випадку 10 секунд), система ініціює надсилання даних. У першу чергу перевіряється стан підключення до Wi-Fi. Якщо з'єднання встановлено, викликається функція sendViaWiFi(), яка відповідає за передачу координат через HTTP-запит на вказану платформу. Якщо

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

ж Wi-Fi-з'єднання відсутнє, відбувається виклик альтернативної функції `sendViaGSM()`, що забезпечує надсилання координат за допомогою GSM-модуля.

Таким чином, функція `loop()` реалізує постійне оновлення даних GPS, динамічне відображення координат на екрані та гнучке передавання інформації в залежності від доступності каналів зв'язку. Це забезпечує надійність та адаптивність системи в умовах обмеженого доступу до мережевих ресурсів.

3.2.5 Функція `sendAT`

Функція `sendAT()` використовується для надсилання AT-команд до GSM-модуля через програмний послідовний порт `gsmSerial`, а також для виведення відповіді модуля в серійну консоль для відлагодження. Вона реалізує базовий механізм взаємодії з GSM-модемом у текстовому режимі, який широко застосовується для ініціалізації з'єднань, надсилання SMS, встановлення GPRS-зв'язку тощо (рис. 3.6).

```
void sendAT(String command) {  
    gsmSerial.println(command);  
    delay(500);  
    while (gsmSerial.available()) {  
        Serial.write(gsmSerial.read());  
    }  
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг коду функції `sendAT()`

На початку функції виводиться заданий рядок-команда (типу `String`) до серійного інтерфейсу GSM-модуля за допомогою методу `println()`. Це може бути будь-яка команда, наприклад, `AT`, `AT+CSQ`, `AT+SAPBR` тощо. Після надсилання команди здійснюється затримка в 500 мілісекунд, яка потрібна для того, щоб GSM-модем встиг опрацювати отриману інструкцію та сформувати відповідь.

Наступним кроком є зчитування всіх наявних у буфері даних, які повертає GSM-модуль, та виведення їх у консоль через основний апаратний серійний порт (зазвичай `Serial`). Для цього використовується цикл `while`, який перевіряє наявність

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вхідних байтів у буфері gsmSerial, а метод Serial.write() здійснює безпосереднє виведення символів у монітор порту.

Завдяки такому підходу користувач має змогу відстежувати реакцію GSM-модуля на надіслані команди, що особливо важливо на етапі тестування, діагностики або налагодження з'єднання з мережею. Функція sendAT() є допоміжною і дозволяє зручно працювати з AT-командами, не повторюючи кожного разу однаковий шаблон коду для надсилання і зчитування відповіді.

3.3 Реалізація передачі даних на платформу CircuitDigest Cloud

3.3.1 Опис платформи CircuitDigest Cloud

У процесі реалізації комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології важливим компонентом є вибір хмарної IoT-платформи, яка забезпечуватиме прийом, обробку, зберігання та візуалізацію отриманих геокоординат. Одним з оптимальних рішень для таких завдань є платформа CircuitDigest Cloud, що забезпечує повноцінну підтримку IoT-проектів, інтеграцію з популярними мікроконтролерами, гнучкий механізм обміну даними та інструменти для геолокаційного моніторингу (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Платформа CircuitDigest Cloud

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

CircuitDigest Cloud — це сучасна хмарна платформа, розроблена спеціально для швидкої побудови прототипів IoT-систем і збору телеметричних даних від віддалених пристроїв. Платформа підтримує такі комунікаційні протоколи як HTTP, MQTT та WebSocket, що дозволяє зручно інтегрувати її з мікроконтролерами, зокрема з NodeMCU на основі ESP8266, який використовується у цій системі. Вбудований API платформи дозволяє передавати дані в реальному часі, а інтуїтивно зрозумілий вебінтерфейс дає змогу створювати графіки, карти та інформаційні панелі для візуального контролю стану об'єктів.

Особливу цінність для даного проєкту становить GeoLinker — інструмент, інтегрований у платформу CircuitDigest Cloud, призначений для роботи з геолокаційними даними. GeoLinker автоматично відображає отримані координати на інтерактивній карті, дозволяє зберігати історію переміщення об'єктів, створювати маршрути та аналізувати зміни положення у часовому вимірі. Крім цього, інструмент забезпечує можливість встановлення геозон (геоогорож), які активують певні події у разі входу або виходу об'єкта з вказаної області, що відкриває перспективи для створення розширених сценаріїв роботи системи, таких як охоронна сигналізація або контроль доступу до певних територій.

Вибір CircuitDigest Cloud з інструментом GeoLinker обґрунтований декількома ключовими перевагами. По-перше, платформа є безкоштовною для базового використання, що особливо актуально для освітніх проєктів. По-друге, вона має добре задокументований API, що полегшує інтеграцію з пристроями та розробку мікропрограмного забезпечення. По-третє, завдяки підтримці інтерактивної карти з геомітками користувач системи отримує наочний інструмент для візуалізації пересування об'єкта у реальному часі без необхідності додаткової розробки клієнтського інтерфейсу.

Крім того, CircuitDigest Cloud не потребує встановлення локального серверного програмного забезпечення, що дозволяє зменшити витрати на інфраструктуру і спростити підтримку системи. У поєднанні з NodeMCU і GSM-модулем SIM800L, платформа дозволяє організувати передачу координат через

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

мобільну мережу без залежності від локальної Wi-Fi інфраструктури, що критично важливо для мобільних систем, які працюють у польових умовах.

Використання CircuitDigest Cloud та GeoLinker у якості хмарної платформи для даної комп'ютеризованої системи є доцільним, ефективним і технічно обґрунтованим рішенням, що забезпечує надійне зберігання даних, інтерактивну візуалізацію та можливість масштабування у майбутньому. Цей підхід значно прискорює процес розробки та забезпечує готову інфраструктуру для впровадження у реальні умови експлуатації.

3.3.2 Налаштування платформи CircuitDigest Cloud

У процесі реалізації комп'ютеризованої системи відстеження координат рухомих об'єктів було здійснено налаштування хмарної IoT-платформи CircuitDigest Cloud, яка забезпечує відображення геолокаційних даних у реальному часі. Основною метою було створити надійне середовище для приймання, збереження та візуалізації координат, що надходять від пристрою на базі модуля NodeMCU з GPS та GSM компонентами.

Першим кроком було створено обліковий запис на платформі CircuitDigest Cloud. Після входу в систему, у профілі користувача було згенеровано унікальний API-ключ, який надалі використовувався для аутентифікації під час надсилання даних (рис. 3.8). Цей ключ був збережений у програмному коді пристрою для формування коректних POST-запитів.

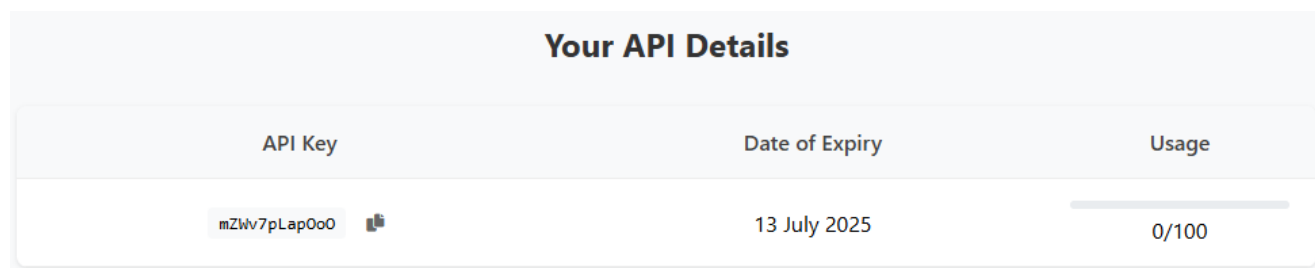


Рисунок 3.8 – Генерація унікального API-ключа на платформі CircuitDigest Cloud

Далі було ініційовано створення нового пристрою (Device) на платформі. Оскільки графічного інтерфейсу для ручного додавання пристроїв не передбачено, цей етап був реалізований шляхом надсилення спеціального HTTP POST-запиту на адресу <https://api.circuitdigest.cloud/v1/devices>. У тілі запиту було вказано ім'я пристрою, а також список каналів даних, зокрема "latitude" та "longitude", які відповідають географічним координатам. У результаті виконання запиту платформа автоматично згенерувала унікальний ідентифікатор пристрою (device_id), що став обов'язковим параметром для всіх подальших запитів.

Після створення пристрою було виконано налаштування сервісу GeoLinker, який відповідає за візуалізацію координат на інтерактивній карті. У відповідному інтерфейсі користувача GeoLinker було додано щойно створений пристрій, після чого до нього було прив'язано канали latitude і longitude. Також було налаштовано оновлення позиції у реальному часі та, за потреби, збереження історії переміщення пристрою.

На завершальному етапі було адаптовано програмний код мікроконтролера: у функції відправки даних (через Wi-Fi або GSM) координати передавались у форматі JSON з обов'язковим зазначенням device_id та API-ключа. Запити надсилалися на адресу <https://api.circuitdigest.cloud/v1/data> з відповідним заголовком "Content-Type: application/json" і параметрами тіла запиту — широтою, довготою та ідентифікатором пристрою.

Завдяки реалізованим крокам було забезпечено стабільну передачу геоданих з пристрою на хмарну платформу CircuitDigest Cloud з подальшим відображенням поточного положення об'єкта на карті та збереженням маршруту пересування. Цей функціонал став важливою складовою всієї комп'ютеризованої системи моніторингу.

3.4 Результати моделювання та тестування системи

Процес тестування розробленої комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології було реалізовано поетапно з

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

метою перевірки працездатності усіх її компонентів, відповідності заявленим функціональним вимогам та стабільності під час реальної експлуатації. Тестування охоплювало як апаратну частину системи, так і програмне забезпечення, а також з'єднання з хмарною IoT-платформою CircuitDigest Cloud.

У процесі реалізації комп'ютеризованої системи визначення координат рухомих об'єктів перед фактичним складанням пристрою була створена віртуальна модель системи (рис. 3.9) в середовищі Cirkuit Designer. Це програмне забезпечення дозволило виконати попереднє компонувальне проєктування пристрою, змодельовати електричні з'єднання між основними модулями та візуально перевірити коректність логіки побудови схеми ще до практичного монтажу.

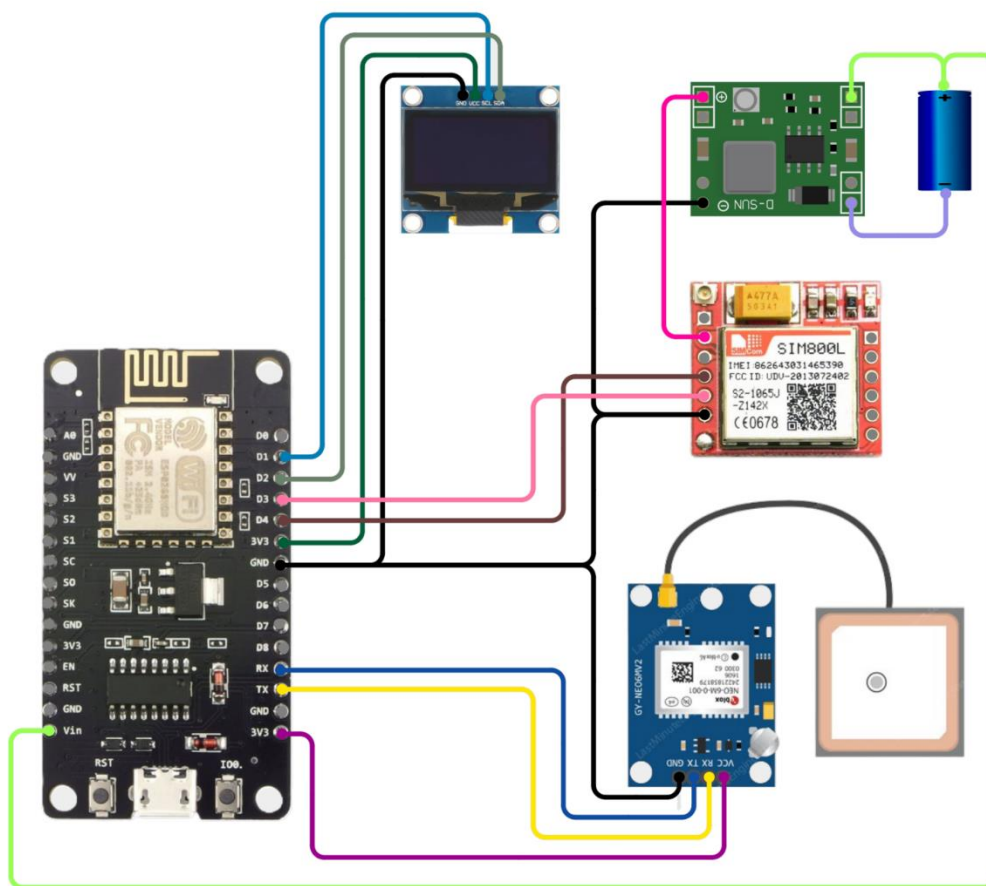


Рисунок 3.9 – Модель системи визначення координат рухомих об'єктів

Використання Cirkuit Designer дало змогу виявити потенційні помилки, пов'язані з неправильним підключенням пінів, конфліктами логічних рівнів або

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

неврахованими характеристиками окремих модулів. Моделювання також дозволило візуалізувати майбутню структуру пристрою, що стало корисним етапом підготовки до розміщення елементів на макетній платі. Попереднє віртуальне моделювання дозволило оптимізувати етап складання, уникнути поширених помилок та значно пришвидшити подальше тестування системи на практиці.

На наступному етапі було здійснено індивідуальне тестування апаратних компонентів, зокрема GPS-модуля GY-NEO6MV2, мікроконтролера NodeMCU ESP8266 та GSM-модуля SIM800L. Для кожного з пристроїв перевірялися базові функції: для GPS-модуля — отримання координат у форматі NMEA, для GSM-модуля — встановлення GPRS-з'єднання та відправка HTTP-запитів, для NodeMCU — стабільність роботи скетча та живлення з USB або зовнішнього джерела. Було підтверджено, що всі компоненти функціонують коректно та не мають апаратних дефектів (рис. 3.10).

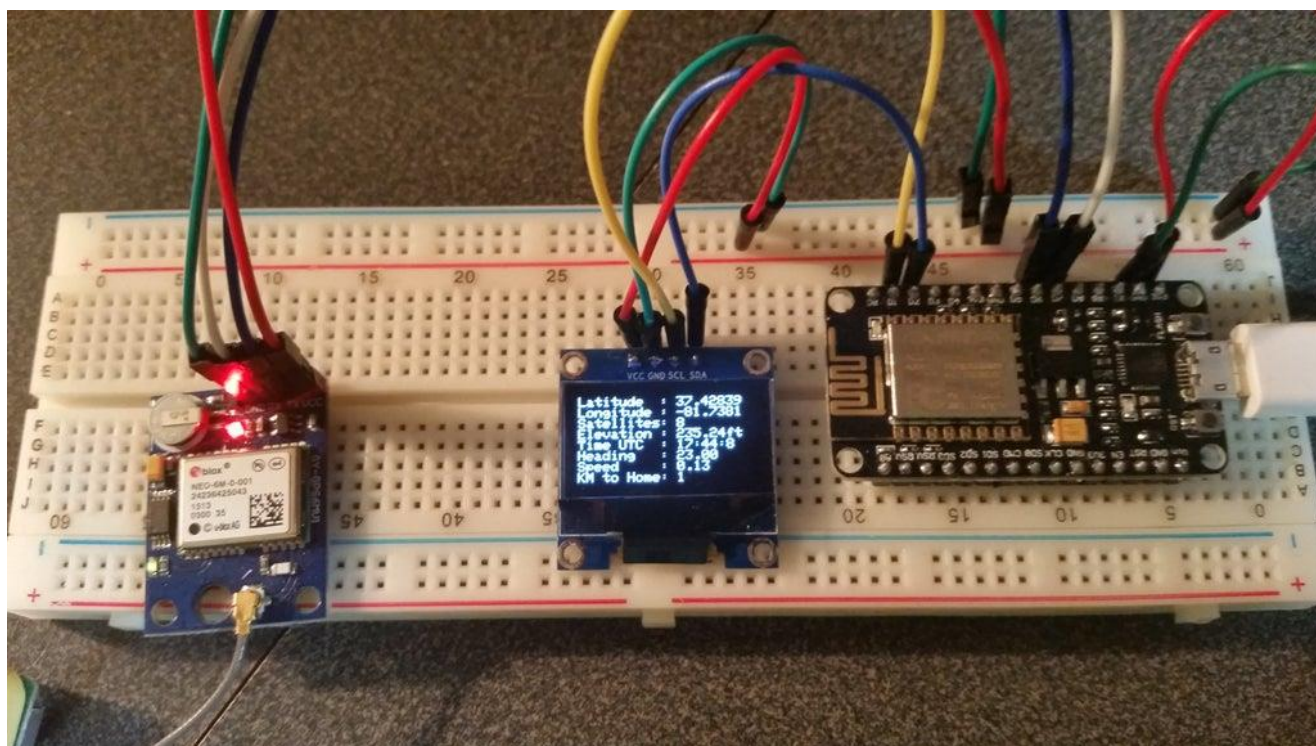


Рисунок 3.10 – Тестування апаратних компонентів системи визначення координат рухомих об'єктів

Далі було здійснено інтеграційне тестування, під час якого система запускала в повному складі. GPS-модуль отримував координати поточного місцезнаходження, а NodeMCU із GSM-модулем передавали ці дані на хмарну платформу через HTTP-запит. У тестовому режимі було реалізовано затримку між передаванням пакетів даних у 15 секунд. У хмарному середовищі координати успішно з'являлися у вигляді маркера на мапі в інтерфейсі GeoLinker. Це підтвердило працездатність алгоритму передачі та візуалізації.

На третьому етапі було проведено польове тестування системи в умовах реального переміщення. Пристрій було розміщено у транспортному засобі, який здійснював рух визначеним маршрутом у межах міста. Упродовж усього руху координати надходили на платформу в реальному часі, а маркер на карті GeoLinker динамічно змінював своє положення. Для перевірки точності було паралельно записано реальний маршрут за допомогою мобільного GPS-трекера, що дозволило порівняти отримані дані. Результати показали, що похибка позиціонування складала в середньому 3–6 метрів, що є допустимим значенням для цивільного GPS-модуля.

Після тестування було перевірено стійкість системи до нестабільного GSM-сигналу. У зонах зі слабким покриттям спостерігалися затримки в передачі даних, проте система автоматично надсилала координати, щойно з'єднання відновлювалося. Це підтвердило наявність базової стійкості до тимчасових збоїв мережі та можливість відновлення передавання без ручного втручання.

Також окрему увагу було приділено перевірці роботи OLED-дисплея, який відображав актуальні координати та швидкість руху без необхідності підключення до хмари. Це дозволяло локально моніторити стан системи у разі відсутності мережі або під час налагодження.

Тестування системи підтвердило її функціональну придатність, стабільність роботи та відповідність вимогам технічного завдання. Виявлені під час тестування незначні затримки у передачі координат через GSM-модуль були враховані в оптимізації прошивки. Система продемонструвала готовність до використання в умовах реального часу для задач моніторингу рухомих об'єктів.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Менеджмент безпеки

Менеджмент безпеки передбачає багато складових, які починаються з заходів підготовки і передбачення надзвичайної ситуації, оповіщення і захисту у разі її настання, та евакуації населення і ліквідації її наслідків. Тому процес управління має багато заходів до і після настання надзвичайної ситуації.

Оповіщення про загрозу і постійне інформування населення досягається:

- завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення населення;
- організаційно-технічним з'єднанням територіальних систем централізованого оповіщення і систем оповіщення на об'єктах господарювання;
- завчасним створенням і організаційно-технічним з'єднанням з системами спостереження і контролю постійно діючих локальних систем оповіщення та інформації населення в зонах можливого катастрофічного затоплення, районах розміщення радіаційних і хімічних підприємств, інших потенційно небезпечних об'єктів;
- централізованим використанням загальнодержавних і відомчих систем зв'язку, радіопровідного, телевізійного оповіщення, радіотрансляційних мереж та інших технічних засобів передачі інформації.

Спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою забезпечується:

- створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до них існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості;

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Квет І.М.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірив		Паламар А.М.							
Консульт.		Пилипець М.І.					55	7	
Н. Контр.		Луцик Н.С.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41			
Зав. каф.		Осуківська Г.М.							

- організацією збору, опрацювання і передачі інформації про стан довкілля, забруднення продуктів харчування, харчової сировини, фуражу, води радіоактивними, хімічними речовинами та інфекційними мікроорганізмами;
- наданням населенню можливості придбати найпростіші засоби захисту і контролю в особисте користування.

Укриттю в захисних спорудах підлягає усе населення відповідно до його належності до груп (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечних зонах).

Створення фонду захисних споруд досягається шляхом [30]:

- комплексного освоєння підземного простору міст і населених пунктів для взаємопогодженого розміщення в ньому споруд і приміщень соціально-побутового, виробничого і господарського призначення та з урахуванням пристосування і використання частини приміщень для укриття населення в надзвичайних ситуаціях;
- обстеження і взяття на облік підземних і наземних будівель та споруд, що відповідають вимогам захисту, споруд підземного простору міст, гірничих виробок і природних порожнин;
- дообладнання з урахуванням реальної обстановки підвальних та інших заглиблених приміщень;
- будівництва заглиблених споруд, які окремо стоять, об'єктів господарювання, пристосованих для захисту;
- масового будівництва в період загрози найпростіших сховищ та укриттів;
- завчасного будівництва за рішенням Кабінету Міністрів України окремих сховищ і протирадіаційних укриттів.

Наявний фонд захисних споруд використовується для господарських, культурних і побутових потреб у порядку, визначеному органами МНС України.

Евакуаційні заходи в умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Евакуації підлягає населення, яке проживає в населених пунктах, що знаходяться у зонах можливого катастрофічного затоплення, небезпечного радіоактивного забруднення, хімічного ураження, в районах прогнозованого виникнення локальних збройних конфліктів у 50-кілометровій прикордонній смузі, в районах виникнення стихійного лиха, великих аварій і катастроф (якщо виникає безпосередня загроза життю та заподіяння шкоди здоров'ю людини).

Залежно від обстановки, яка склалася на час надзвичайної ситуації, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або безповоротного характеру.

Загальна евакуація в особливий період проводиться в окремих регіонах за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення і планується на випадок [30]:

- небезпечного радіоактивного забруднення навколо АЕС (якщо виникає безпосередня загроза життю та заподіяння шкоди здоров'ю населення, яке проживає в зоні ураження);
- загрози катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним добіганням проривної хвилі;
- загрози або виникнення збройного конфлікту в районах 50-кілометрової прикордонної смуги.

Часткова евакуація здійснюється в умовах переведення за рішенням Кабінету Міністрів України системи захисту населення і територій на воєнний стан до початку застосування агресором сучасних засобів ураження, а в мирний час – у разі загрози або виникнення стихійного лиха, аварії, катастрофи.

Під час проведення часткової евакуації завчасно вивозиться не зайняте у виробництві і сфері обслуговування населення: студенти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків, пенсіонери та інваліди, які утримуються у будинках для осіб похилого віку, разом з викладачами та вихователями, обслуговуючим персоналом і членами їхніх сімей.

Евакуація населення здійснюється комбінованим способом, який передбачає у мирний час вивезення основної частини населення з міст і небезпечних районів

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

усіма видами наявного транспорту, а у воєнний час – транспортом, який не передається до складу Збройних Сил України, у поєднанні з виведенням найбільш витривалої частини населення пішки.

4.2 Розробка захисту від пожеж та вибухів в системах опалення, вентиляції, освітлення та кондиціонування повітря

Перед початком опалювального сезону теплові мережі, які розміщені у приміщеннях, калориферні й теплогенераторні установки, котельні, печі та інші опалювальні прилади повинні бути перевірені й відремонтовані. Несправні опалювальні прилади не повинні допускатися до експлуатації.

Гарячі поверхні тепломереж, що розташовані у приміщеннях, у яких вони можуть створити небезпеку спалахування парів, газів, пилу або аерозолів, потрібно ізолювати таким способом, щоб температура на поверхні теплоізольованої конструкції була не менш ніж на 20 % нижчою за температуру самоспалахування речовин [31].

Усі гарячі ділянки поверхонь трубопроводів і обладнання, яке розташоване в зоні можливого потрапляння на них вибухонебезпечних, горючих або легкозаймистих речовин, необхідно покрити металевою обшивкою. Не дозволяється експлуатація теплових мереж з просоченою вибухонебезпечними, горючими або легкозаймистими речовинами теплоізоляцією. Очищення печей та димоходів від сажі необхідно проводити перед початком, а також впродовж усього опалювального сезону, а саме [31]:

- кухонних кип'ятильників та плит – один раз на місяць;
- печей безперервної дії – не рідше одного разу на два місяці;
- опалювальних печей періодичної дії на рідкому та твердому паливі – не рідше одного разу на три місяці.

У приміщеннях котелень та інших теплогенеруючих установок населених пунктів і підприємств забороняється:

- сушити взуття, спецодяг та інші матеріали на паропроводах та котлах;

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- працювати при відключених або зіпсованих приладах регулювання і контролю, а також за їх відсутності;
- розпалювати установки без їх попередньої продувки; подавати паливо, коли газові пальники або форсунки згасли;
- експлуатувати установки у випадку витікання газу із системи паливоподачі або підтікання рідкого палива;
- допускати до роботи працівників, які не пройшли навчання з пожежно-технічного мінімуму та не отримали відповідних кваліфікаційних посвідчень, а також залишати без догляду працюючі нагрівники і котли.

Забороняється вносити зміни до елементів системи кондиціонування, вентиляції повітря і опалення, які перешкоджають поширенню пожежі. Не дозволяється робота технологічного обладнання у пожежонебезпечних та вибухопожежонебезпечних приміщеннях при відключених або несправних сухих фільтрах, гідрофільтрах, пиловловлювальних, пиловсмоктувальних та інших приладах вентиляційних систем.

Усі металеві фільтри, трубопроводи, повітроводи та інше обладнання витяжних установок, які транспортують вибухонебезпечні та горючі речовини, повинні бути захищені від статичної електрики та заземлені, а також мати пристрої для очищення.

При розміщенні вибухозахищених вентиляторів за межами приміщень для них необхідно влаштовувати спеціальне укриття з негорючих матеріалів. Під час експлуатації вентиляційних систем забороняється [32]:

- експлуатувати переповнені циклони;
- видаляти за допомогою однієї системи відсосів пил, пару, різні гази та інші речовини, які при змішуванні можуть викликати вибух, горіння або спалахи;
- складувати впритул (на відстані менше половини метра) до устаткування і повітроводів негорючі матеріали в горючій упаковці або горючі матеріали;
- застосовувати припливно-витяжні повітроводи й канали для відведення газів від кип'ятильників, газових колонок, приладів опалення та інших нагрівальних приладів;

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- залишати двері вентиляційних камер відчиненими, зберігати в камерах різне устаткування та матеріали;
- знімати або відключати вогнезатримувальні пристрої;
- закривати решітки, отвори і витяжні канали.

Автономні моноблочні кондиціонери, а також автономні кондиціонери роздільного типу можна розміщувати у будівлях та приміщеннях різного призначення, крім приміщень, у яких не допускається рециркуляція. Зовнішні блоки автономних кондиціонерів роздільного типу потужністю по холоду до 12 кВт допускається розміщувати у критих переходах, відкритих сходових клітках, на незаскленних лоджіях.

Холодильне обладнання з аміаковмісним холодоагентом можна використовувати при реконструкції для холодопостачання систем кондиціонування виробничих приміщень, розміщуючи обладнання в окремих прибудовах, будинках або окремих приміщеннях одноповерхових виробничих будинків. Випарники та конденсатори можна розміщувати на відкритих майданчиках на відстані не менше ніж два метри від стіни будівлі. Використання поверхневих повітроохолоджувачів з аміаковмісним холодоагентом не допускається.

Під час експлуатації калориферів потрібно дотримуватися таких вимог [32]:

- слідкувати за тим, щоб транзитні канали, через які подається нагріте в калорифері повітря, не мали отворів, крім каналів, призначених для подавання повітря у приміщення;
- систематично проводити гідравлічним або пневматичним способом очищення калориферів від забруднень;
- не допускати виникнення зазорів між калориферами, а також між будівельними і калориферними конструкціями камер, а виявлені зазори зашпаровувати негорючими матеріалами;
- тримати в справному стані контрольно-вимірні прилади;
- відстань між конструкціями з важкогорючих та горючих матеріалів і калориферами повинна бути не меншою за півтора метра за наявності

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричного або вогневого підігріву і не меншою за 0,1 метр, коли теплоносієм є пара або вода.

Прокладання, підключення, монтаж мереж, влаштування електричного захисту на лініях, які живлять побутові кондиціонери, повинні виконуватись відповідно до вимог інструкції виробника. Лінії живлення до кожного побутового кондиціонера чи групи кондиціонерів потрібно забезпечувати автономним пристроєм електричного захисту незалежно від наявності захисту на загальній лінії, яка відповідає за живлення групи кондиціонерів.

Поперечний переріз електропровідників, які живлять одинично встановлені побутові кондиціонери, повинен відповідати допустимому навантаженню по струму, яке визначається паспортом на виріб. Зовнішній простір та стіни будинків навколо кондиціонерів повинні бути розчищені від витких рослин, гілок дерев та інших конструкцій і предметів із горючих матеріалів у радіусі не менше ніж півтора метра.

Під час експлуатації побутових кондиціонерів заборонено [32]:

- перетинати протипожежні перешкоди інженерними системами кондиціонера без влаштування проходок, які відповідають нормованій межі вогнестійкості протипожежної перешкоди;
- замінювати наявні триполюсні штепсельні роз'єднувачі на двополюсні;
- вносити в конструкцію кондиціонерів зміни, не передбачені заводом-виробником;
- використовувати в якості опорних конструкцій горючі елементи конструкцій рам замість монтажних кріплень заводського виготовлення або інших металевих конструкцій у випадку встановлення кондиціонера у віконному отворі.

Систему визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій розроблено з дотриманням вимог щодо захисту від пожеж та вибухів в системах опалення, вентиляції, освітлення та кондиціонування повітря.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено систему для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології. Робота включала аналіз технічного завдання, розгляд існуючих рішень, проектування апаратного та програмного забезпечення, а також тестування функціоналу створеної системи.

Проведений аналіз технічного завдання дозволив визначити основні вимоги до системи, включаючи точність визначення координат, швидкість обробки даних та надійність зв'язку між компонентами. Було здійснено огляд засобів для визначення координат рухомих об'єктів, що допомогло обрати оптимальний підхід до розробки системи.

На основі аналізу можливих рішень було обґрунтовано вибір апаратної частини системи. Для визначення координат використовувався GPS-модуль, що забезпечує високу точність і стабільність сигналу. Обробка отриманих даних здійснювалася мікроконтролером, а передача інформації – через бездротові технології зв'язку. ПЗ було розроблено з використанням мови C++, що дозволило створити ефективну систему обробки та візуалізації даних.

Моделювання та тестування розробленої системи підтвердило її працездатність та відповідність технічним вимогам. Отримані результати показали, що система забезпечує точне визначення координат рухомих об'єктів у реальному часі з мінімальними похибками. Проведений аналіз дозволив виявити потенційні шляхи покращення, зокрема можливість інтеграції додаткових датчиків для розширення функціональності.

Розроблена система може бути використана в різних сферах, включаючи моніторинг транспорту, контроль вантажоперевезень та забезпечення безпеки персоналу.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. TMT250 персональний карманный трекер. URL: <https://skyriver.ua/gps-monitoring/obladnannya-2/tmt250/> (дата звернення: 07.03.2025).
2. Термінал контролю руху транспортних засобів «Navitrack GSTM32V2». URL: <https://navitrack.com.ua/solution/navitrack-gstm32v2/> (дата звернення: 08.03.2025).
3. GPS-моніторинг транспортних засобів. URL: <https://freetrack.ua/gps/> (дата звернення: 09.03.2025).
4. Wi-Fi модуль NodeMCU V3 ESP8266. URL: <https://arduino.ua/prod1492-wi-fi-modul-nodemcu-esp8266> (дата звернення: 25.03.2025).
5. NEO-6M GPS-модуль GY-NEO6MV2. URL: <https://arduino.ua/prod5017-neo-6m-gps-modul-gy-gps-6mv2-neo6mv2> (дата звернення: 25.03.2025).
6. GSM модуль на SIM800L. URL: <https://arduino.ua/prod1665-gsm-modul-na-sim800l> (дата звернення: 26.03.2025).
7. DC-DC понижуючий перетворювач MP1584 3A. URL: <https://arduino.ua/prod605-dc-dc-ponijaushhii-preobrazovatel-3a> (дата звернення: 27.03.2025).
8. OLED дисплей 0.96" I2C 128x64. URL: <https://arduino.ua/prod1178-oled-displei-0-96-i2c-128x64-jelto-sinii> (дата звернення: 28.03.2025).
9. 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.
10. Луцків А., Лупенко С., Пасічник В. Паралельні та розподільнені обчислення. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 566 с.
11. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі. Книга 1. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 256 с.
12. 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.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. 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.

14. Palamar A., Karpinskyy 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.

15. Palamar M., Pasternak Y., Palamar A., Poikhalo A. Precision tracking of the trajectory LEO satellite by antenna with induction motors in the control system. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2017), Bucharest, Romania, September 21–23, 2017. Vol. 2. P. 1051–1055.

16. Паламар М., Пастернак Ю., Паламар А. Дослідження динамічних похибок системи прецизійного керування антеною з асинхронним електроприводом. Вісник ТНТУ, Тернопіль: ТНТУ, 2014. Вип. 76, № 4. С. 164–173.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

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

27. 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.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. / Т.Є. Стищенко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. Харків: ХНРУЕ, 2018. 336 с.

31. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. К.: Каравела, 2007. 408 с.

32. Основи охорони праці. / Під ред. Ткачука К.Н., Халімовського Н.О. К.: Основа, 2006. 448 с.

					КС КРБ 123.258.00.00 ПЗ	Арк.
						66
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 ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ
РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ GPS ТЕХНОЛОГІЙ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на ____ 7 ____ листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н. Паламар А.М.

“ ____ ” _____ 2025 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-41

_____ Квет І.М.

“ ____ ” _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютеризована система визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.258.00.00.

1.2 Виконавець

Студент групи СІс-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Квет Ігор Миколайович.

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 – 27.06.2025 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 визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій. 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 відстеження координат рухомих об'єктів, таких як транспортні засоби, люди або вантажі, з метою підвищення ефективності логістичних процесів, забезпечення безпеки та покращення навігації.

2.2 Мета створення системи

Метою розробки є створення ефективної комп'ютеризованої системи моніторингу рухомих об'єктів, що використовує GPS-модуль для визначення координат та передачі даних через бездротові комунікаційні канали.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом спостереження є рухомий об'єкт (автомобіль, людина, вантаж тощо), що має встановлений GPS-трекер. Об'єкт може переміщуватися в будь-якому середовищі, включаючи міські, сільські та промислові райони.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютеризована система для визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS-технології повинна забезпечувати високу точність позиціонування, оперативність обробки даних та можливість інтеграції з іншими інформаційними системами. Основними критеріями є стабільна робота в реальному часі, стійкість до зовнішніх факторів та можливість розширення функціоналу в майбутньому.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Загалом, структура системи повинна реалізовувати функції керування процесом визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій. Система повинна складатися з таких основних компонентів: GPS-приймача для отримання координат, мікроконтролера для обробки даних, модуля бездротового зв'язку для передачі інформації, серверної частини для збереження та обробки даних, а також програмного забезпечення для відображення результатів. Функціонування системи повинно бути автоматизованим, з можливістю ручного керування у разі необхідності.

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

Передача даних між компонентами системи повинна здійснюватися за допомогою бездротових технологій зв'язку, таких як Wi-Fi, GSM або LoRa.

Вибір конкретного протоколу залежить від умов експлуатації системи та вимог до дальності зв'язку. Зв'язок має бути надійним, із мінімальними затримками передачі даних.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Вимоги до режимів функціонування визначаються для забезпечення зручного та ефективного використання системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій з урахуванням потреб користувача. Система повинна підтримувати такі режими роботи:

- нормальний режим (періодичне визначення координат і передача даних);
- енергозберігаючий режим (зменшення частоти оновлення координат для економії енергії);
- режим тестування (перевірка коректності роботи окремих модулів).

3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

У майбутньому система визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій може бути модернізована шляхом додавання підтримки альтернативних технологій позиціювання, таких як Galileo, інтеграції з картографічними сервісами та впровадження алгоритмів машинного навчання для прогнозування переміщень об'єктів.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна мати високу стійкість до збоїв та забезпечувати безперервну роботу в умовах різних зовнішніх впливів. Надійність має бути забезпечена дублюванням критичних компонентів, використанням перевірених технологій захисту від втрати даних та реалізацією механізмів автоматичного відновлення після збоїв.

Показники надійності системи визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,8 %.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Функції та задачі, які повинна виконувати система, передбачають:

- отримання даних про поточне місцезнаходження об'єкта;
- передача координат на віддалений сервер;
- збереження історії переміщень;
- візуалізація даних у вигляді картографічного представлення.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення повинно включати:

- GPS-модуль з високою точністю визначення координат;
- енергоефективний мікроконтролер;
- модуль бездротового зв'язку для передавання даних;
- резервне джерело живлення для автономної роботи.

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 роботи 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	27.06.2025

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 визначення координат рухомих об'єктів на основі GPS технологій.

```
#include <TinyGPSPlus.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

// ==== OLED дисплей ====
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);

// ==== Wi-Fi ====
const char* ssid = "WIFIxxxxxxxxxx";
const char* password = "xxxxxxxxxxxxxxxxxx";

// ==== GPS ====
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial gpsSerial(D7, D6); // RX, TX (GPS)

const char* serverUrl =
"http://cloud.circuitdigest.com/api/geolinker";
const char* deviceID = "DEVICEXXXXXXX";

// ==== GSM модуль (TX - D4, RX - D3) ====
SoftwareSerial gsmSerial(D4, D3); // TX, RX (GSM)

// ==== Таймер ====
unsigned long lastSent = 0;
const unsigned long sendInterval = 10000;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  gpsSerial.begin(9600);
```

```

gsmSerial.begin(9600);

// OLED
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("OLED не знайдено"));
    while (true);
}

display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(0, 0);
display.print("GPS трекер");
display.display();

// WiFi
WiFi.begin(ssid, password);
display.setCursor(0, 10);
display.print("Підключення WiFi...");
display.display();

int attempt = 0;
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && attempt < 20) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    attempt++;
}

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    display.setCursor(0, 20);
    display.print("WiFi OK: ");
    display.print(WiFi.localIP());
    display.display();
} else {
    display.setCursor(0, 20);
    display.print("WiFi недоступний");
    display.display();
}

delay(1000);
}

void loop() {
    while (gpsSerial.available()) {
        gps.encode(gpsSerial.read());
    }
}

```

```

}

if (gps.location.isUpdated() && gps.location.isValid()) {
    double lat = gps.location.lat();
    double lon = gps.location.lng();

    Serial.print("Lat: "); Serial.println(lat, 6);
    Serial.print("Lon: "); Serial.println(lon, 6);

    // OLED
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("Lat: "); display.println(lat, 6);
    display.print("Lon: "); display.println(lon, 6);
    display.display();

    // Надсилання
    if (millis() - lastSent > sendInterval) {
        if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
            sendViaWiFi(lat, lon);
        } else {
            sendViaGSM(lat, lon);
        }
        lastSent = millis();
    }
}

void sendViaWiFi(double lat, double lon) {
    HTTPClient http;
    WiFiClient client;

    String postData = "device_id=" + String(deviceID) +
        "&latitude=" + String(lat, 6) +
        "&longitude=" + String(lon, 6);

    http.begin(client, serverUrl);
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-
urlencoded");

    int httpResponseCode = http.POST(postData);

    if (httpResponseCode > 0) {
        Serial.print("WiFi HTTP Response: ");
        Serial.println(httpResponseCode);
    }
}

```



```

    } else {
        Serial.print("WiFi POST error: ");
        Serial.println(httpResponseCode);
    }

    http.end();
}

void sendViaGSM(double lat, double lon) {
    String data = "device_id=" + String(deviceID) +
        "&latitude=" + String(lat, 6) +
        "&longitude=" + String(lon, 6);

    // Відправка AT-команд для HTTP через GSM
    sendAT("AT");
    sendAT("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"");
    sendAT("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet\""); // Залежить від SIM-
    провайдера
    sendAT("AT+SAPBR=1,1");
    sendAT("AT+SAPBR=2,1");

    sendAT("AT+HTTPIPINIT");
    sendAT("AT+HTTTPARA=\"CID\",1");
    sendAT("AT+HTTTPARA=\"URL\",\"" + String(serverUrl) + "\"");
    sendAT("AT+HTTTPARA=\"CONTENT\",\"application/x-www-form-
    urlencoded\"");
    sendAT("AT+HTTPDATA=" + String(data.length()) + ",10000");
    delay(100);
    gsmSerial.print(data);
    delay(1000);

    sendAT("AT+HTTPACTION=1"); // POST
    delay(3000);
    sendAT("AT+HTTPREAD");
    sendAT("AT+HTTPTERM");
    sendAT("AT+SAPBR=0,1");
}

void sendAT(String command) {
    gsmSerial.println(command);
    delay(500);
    while (gsmSerial.available()) {
        Serial.write(gsmSerial.read());
    }
}

```