

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)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *IoT-система для запобігання аварійним ситуаціям при використанні
двоколісного транспортного засобу*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-41

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Кіняк Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Палка О.В.

(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)

«24» квітня 2026 р

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кіняку Дмитру Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи IoT-система для запобігання аварійним ситуаціям при використанні
двоколісного транспортного засобу

Керівник роботи Луцик Надія Степанівна, PhD, доцент

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

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2026 року № 4/9-188

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

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

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проєктна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

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

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання системи

АНОТАЦІЯ

Кіняк Д.А. IoT-система для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу : робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026.

Ключові слова: комп'ютерна система, захисний шолом, запобігання аварійним ситуаціям, безпека дорожнього руху, мікроконтролер, сенсорні модулі, IoT-технології.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи для водія двоколісного транспортного засобу, призначеної для підвищення рівня безпеки та запобігання аварійним ситуаціям. Актуальність роботи зумовлена зростанням кількості дорожньо-транспортних пригод за участю мотоциклістів і велосипедистів та необхідністю впровадження сучасних інтелектуальних засобів захисту водія.

У першому розділі виконано аналіз технічного завдання, сформульовано основні функціональні та експлуатаційні вимоги до системи, а також проведено огляд існуючих аналогів інтелектуальних захисних шоломів і суміжних рішень, що дозволило визначити їх переваги та недоліки.

У другому розділі здійснено розроблення апаратного забезпечення системи, зокрема побудовано структурну схему та електричну принципову схему пристрою. Обґрунтовано вибір елементної бази, включно з мікроконтролером, сенсорними модулями та засобами бездротового зв'язку.

У третьому розділі розроблено алгоритм функціонування системи та реалізовано програмне забезпечення. Виконано інтеграцію з IoT-платформою для віддаленого моніторингу та збереження даних, а також проведено тестування працездатності розробленої системи в різних режимах роботи.

ANNOTATION

Kiniak D.A. IoT System for Preventing Emergency Situations During the Use of Two-Wheeled Vehicles. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2026.

Keywords: computer system, protective helmet, accident prevention, road safety, microcontroller, sensor modules, IoT technologies.

The qualification work is devoted to the development of an IoT system for preventing emergency situations during the use of two-wheeled vehicles, designed to improve safety and prevent accidents. The relevance of the work is determined by the increasing number of traffic accidents involving motorcyclists and cyclists and the need for modern intelligent driver protection solutions.

In the first chapter, the technical specification is analyzed, the main functional and operational requirements for the system are formulated, and a review of existing analogues and related intelligent helmet solutions is carried out, allowing their advantages and limitations to be identified.

The second chapter focuses on the development of the system hardware. A structural diagram and an electrical schematic diagram of the device are designed, and the selection of the element base, including the microcontroller, sensor modules, and wireless communication components, is justified.

The third chapter presents the development of the system operation algorithm and the implementation of the software. Integration with an IoT platform for remote monitoring and data storage is performed, and the developed system is tested under various operating conditions to confirm its functionality and reliability.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу.....	10
1.2 Аналіз вимог до системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу	12
1.3 Огляд існуючих аналогів системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу.....	13
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	17
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	19
2.1 Структура системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу	19
2.2 Апаратне забезпечення системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу	22
2.2.1 Мікроконтролерний модуль ESP32-S3 SIM7670G	22
2.2.2 Давач відстані VL53L0X	27
2.2.3 Модуль 3-осьового акселерометра ADXL345.....	29
2.3 Електрична принципова схема пристрою.....	32
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	35
3.1 Розробка алгоритму роботи IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу.....	35
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	38
3.2.1 Підпрограма setup().....	38
3.2.2 Підпрограма loop()	40
3.2.3 Підпрограма readSensors()	40

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Кіняк Д.А.</i>				<i>IoT-система для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Луцик Н.С.</i>						5	76
<i>Рецензент</i>	<i>Палка О.В.</i>					<i>ТНТУ, каф. КС, зр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Тиш Е.В.</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Осунівська Г.М.</i>							

3.2.4 Підпрограма checkButton()	43
3.2.5 Підпрограма readGPS()	44
3.3 Налаштування хмарної IoT платформи Vlynk для роботи системи.....	45
3.4 Моделювання системи.....	48
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	51
4.1 Долікарська допомога при ушкодженні м'яких тканин, суглобів і кісток.....	51
4.2 Надзвичайні ситуації при експлуатації транспортних засобів.....	53
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг програми	

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPS – Global Positioning System

I2C – Inter-Integrated Circuit

IoT – Internet of Things

LTE – Long Term Evolution

ToF – Time-of-Flight

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

АДП – аналіз динамічних параметрів

БТЗ – безпека транспортного засобу

ДВ – давач відстані

ДТП – дорожньо-транспортна пригода

ЗАС – запобігання аварійним ситуаціям

ІЗШ – інтелектуальний захисний шолом

КСБ – комп'ютеризована система безпеки

ПНС – попередження небезпечних ситуацій

САС – система аварійного сповіщення

СМП – система моніторингу параметрів

ЦОС – цифрова обробка сигналів

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Активне зростання кількості двоколісних транспортних засобів, зокрема мотоциклів, мопедів, велосипедів та електросамокатів, супроводжується підвищенням ризику виникнення ДТП за участю їх власників. Водії двоколісного транспорту є однією з найбільш вразливих категорій учасників дорожнього руху через відсутність пасивних засобів захисту, характерних для автомобілів. Основними причинами аварійних ситуацій є зниження концентрації уваги водія, втома, перевищення швидкості, погіршення дорожніх умов, а також несвоєчасне реагування на потенційно небезпечні події.

Традиційні захисні шоломи виконують переважно пасивну функцію механічного захисту голови та не забезпечують активного моніторингу стану водія чи умов руху. Водночас сучасний розвиток вбудованих систем, сенсорних технологій та IoT-платформ створює передумови для впровадження інтелектуальних захисних засобів, здатних не лише фіксувати небезпечні стани, а й забезпечувати попередження аварійних ситуацій та передавання даних для подальшого аналізу. У зв'язку з цим актуальною є задача розробки системи для запобігання аваріям при використанні двоколісного транспортного засобу, яка поєднує апаратні та програмні засоби.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу, що забезпечує підвищення рівня безпеки шляхом використання сучасних мікроконтролерних, сенсорних та IoT-технологій.

Для досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати технічне завдання та визначити основні функціональні й експлуатаційні вимоги до проєктованої системи;
- виконати огляд існуючих аналогів інтелектуальних захисних шоломів та суміжних рішень;
- розробити структурну схему комп'ютеризованої системи;

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- спроектувати електричну принципову схему пристрою та обґрунтувати вибір елементної бази;
- розробити алгоритм функціонування системи;
- реалізувати програмне забезпечення для мікроконтролерної платформи;
- виконати інтеграцію системи з IoT-платформою для віддаленого моніторингу та збереження даних;
- провести тестування та оцінити працездатність розробленої системи в різних режимах роботи.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

Системи, орієнтовані на підвищення безпеки учасників дорожнього руху, набувають дедалі більшого поширення у зв'язку з розвитком вбудованих мікроконтролерних технологій, сенсорних систем та бездротових засобів передавання даних. Особливе місце серед таких рішень займають інтелектуальні захисні пристрої для водіїв двоколісних транспортних засобів, оскільки дана категорія користувачів є найбільш уразливою з точки зору травматизму та наслідків ДТП. Використання комп'ютеризованих систем у складі захисного шолома дозволяє перейти від пасивного захисту до активного контролю безпеки.

Однією з основних сфер застосування проектованої комп'ютеризованої системи є повсякденна експлуатація двоколісного транспорту в міських умовах. Інтенсивний рух, часті зупинки, складна дорожня інфраструктура та велика кількість потенційно небезпечних ситуацій вимагають від водія постійної концентрації уваги. Інтелектуальний захисний шолом у таких умовах може використовуватися як допоміжний засіб підвищення ситуаційної обізнаності водія, зменшуючи ризик виникнення аварійних подій, спричинених людським фактором.

Ще однією важливою сферою застосування системи є міжміські та заміські поїздки, де характерними є вищі швидкісні режими та триваліший час перебування водія за кермом. У таких умовах суттєву роль відіграють фактори втоми, монотонності руху та зниження рівня уваги. Комп'ютеризована система, інтегрована в захисний шолом, може виконувати функції моніторингу параметрів руху та стану водія, а також формувати попереджувальні сигнали у разі виявлення потенційно небезпечних ситуацій.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Кіняк Д.А.</i>			<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Луцик Н.С.</i>					<i>10</i>	<i>9</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Палка О.В.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

Проектована система також може застосовуватися у сфері кур'єрських та сервісних перевезень, де двоколісний транспорт активно використовується для доставки товарів і послуг. У таких випадках водії часто працюють у режимі підвищеного навантаження, обмежених часових рамок та несприятливих погодних умов.

Використання системи для запобігання аварійним ситуаціям (ЗАС) дозволяє не лише підвищити рівень індивідуальної безпеки, а й забезпечити можливість централізованого моніторингу стану водіїв двоколісних транспортних засобів з використанням IoT-технологій.

Окремою сферою застосування комп'ютеризованої системи є навчальний процес та підготовка водіїв двоколісного транспорту. Інтелектуальний захисний шолом може використовуватися під час навчання або тренувань для аналізу стилю керування, фіксації помилок та оцінювання поведінки водія в різних дорожніх ситуаціях. Зібрані дані можуть бути використані для вдосконалення навчальних програм і підвищення рівня підготовки майбутніх водіїв.

Крім того, система має перспективи застосування у спортивних та напівпрофесійних дисциплінах, пов'язаних з експлуатацією мотоциклів і велосипедів. У таких умовах особливого значення набувають контроль динамічних параметрів руху, фіксація різких маневрів та аналіз поведінки водія. Комп'ютеризована система може виступати як інструмент збору статистичних даних для подальшого аналізу та оптимізації техніки керування.

Отже, аналіз сфер застосування IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу свідчить про її універсальність та доцільність використання в широкому спектрі умов експлуатації. Це, у свою чергу, обумовлює необхідність формування чітких та обґрунтованих вимог до функціональних можливостей, надійності та масштабованості системи, що враховується під час подальшого аналізу технічного завдання та розроблення проєктних рішень.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз вимог до системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

Вимоги до комп'ютеризованої системи для запобігання аварійним ситуаціям формуються з урахуванням особливостей експлуатації двоколісного транспорту, підвищених ризиків для водія, а також необхідності забезпечення стабільної та безпечної роботи в реальних дорожніх умовах.

Однією з основних є функціональні вимоги, які визначають перелік задач, що повинна виконувати система. До них належить збір інформації з сенсорних модулів, обробка отриманих даних у реальному часі, виявлення потенційно небезпечних або аварійних ситуацій та формування відповідних сигналів попередження для водія. Система також повинна забезпечувати передавання даних на зовнішню IoT-платформу для віддаленого моніторингу, збереження та подальшого аналізу інформації.

Не менш важливими є вимоги до надійності та безвідмовності роботи системи. Оскільки захисний шолом експлуатується в умовах постійних вібрацій, перепадів температури, підвищеної вологості та механічних навантажень, комп'ютеризована система повинна зберігати працездатність за дії несприятливих факторів. У разі виникнення збоїв або помилок система має переходити в безпечний режим або інформувати користувача про несправність.

Важливе значення мають вимоги до енергоспоживання та автономності. Система повинна працювати від автономного джерела живлення протягом тривалого часу без необхідності частого підзаряджання, що обумовлює доцільність використання енергоефективних мікроконтролерів і сенсорів, а також реалізацію режимів зниженого енергоспоживання. При цьому заряджання та обслуговування системи мають бути зручними для користувача.

Окрему групу становлять вимоги до ергономіки та інтеграції системи в конструкцію шолома. Апаратні компоненти повинні мати мінімальні габарити та масу, не порушувати балансування шолома і не створювати дискомфорту для

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

водія. Інтерфейс взаємодії з користувачем має бути інтуїтивно зрозумілим та не відволікати увагу під час руху.

Сформульовані вимоги до IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу дозволяє сформулювати цілісне уявлення про очікувані характеристики та обмеження проєктованого рішення. Отримані результати є основою для обґрунтованого вибору елементної бази, розроблення структури системи та реалізації ефективних алгоритмів її функціонування.

1.3 Огляд існуючих аналогів системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

На сучасному ринку екіпірування для велосипедистів та мотолюбителів уже присутні різні моделі захисних шоломів, що можна віднести до класу smart- або розумних шоломів, які інтегрують електронні функції поверх базової пасивної механічної захисної функції. Такий термін, як smarthelm, зазвичай позначає велосипедні шоломи з додатковою електронікою – LED-світлодіодами, сенсорами, засобами зв'язку або функціями аварійної допомоги – і використовується переважно у місті та на e-bike транспорті для підвищення видимості та безпеки екіпажу.

Серед доступних рішень у категорії розумних шоломів найчастіше згадуються велосипедні smart-моделі, такі як шоломи з автоматичною LED-індикацією та базовою телеметрією [1]. Прикладом таких пристроїв є моделі серій LIVALL Smart Helmets, що пропонують інтегровані світлодіодні елементи, стоп-сигнали, індикатори поворотів, а також можливість надсилання повідомлень SOS у разі падіння або аварії через мобільний додаток (рис. 1.1). Подібні рішення надають корисну функціональність у міських умовах, проте вони мають суттєві обмеження. По-перше, багато таких моделей призначені для велосипедистів, а не для водіїв мотоциклів чи скутерів: вони не витримують високих швидкостей та механічних навантажень, характерних для мототранспорту. По-друге, базові

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функції, як LED-сигналізація, часто обмежуються нічним підсвічуванням і не забезпечують активного моніторингу параметрів руху чи стану водія, оскільки не включають розвиненої обробки даних з акселерометрів, гіроскопів чи GPS.



Рисунок 1.1 – Розумний велосипедний шолом EVO21

Інший сегмент – це розумні шоломи із вбудованими засобами зв'язку та мультимедійними функціями [2]. Деякі моделі мають Bluetooth-модулі для підключення до смартфона, вбудовані динаміки, мікрофони та можливість відповідати на дзвінки або прослуховувати аудіо під час руху (рис. 1.2). Цей функціонал є корисним, але далеко не критичним для безпеки водія, оскільки не впливає істотно на запобігання аварійним ситуаціям, а лише розширює розважальні можливості користувача. Крім того, через вбудовані динаміки та мікрофони такі шоломи часто мають значно більшу вагу, що може знижувати комфорт під час тривалої їзди.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.2 – Розумний велосипедний шолом LINX з мікрофоном і bluetooth гарнітурою

Є окремі високотехнологічні новинки, що позиціонують себе як шоломи з розширеною функціональністю. Так, Shoei GT-Air 3 Smart є одним з перших серійних мотоциклетних шоломів із інтегрованим AR-HUD (дисплеєм доповненої реальності) [3], що проєктує ключову інформацію (швидкість, напрямок, GPS-дані) безпосередньо у поле зору водія (рис. 1.3). Такі рішення значно розширюють можливості екіпіровки, але вони мають суттєві недоліки з точки зору масового застосування. По-перше, висока вартість (понад 1200 €) робить їх недоступними для більшості користувачів і потенційно неприйнятними для широкого впровадження у бюджетному сегменті ринку. По-друге, інтегровані системи AR та HUD можуть відволікати увагу водія, якщо їх реалізація не досить продумана, та вимагати додаткових експериментальних досліджень щодо впливу на безпеку руху. У той же час такі системи часто орієнтовані на інформаційну підтримку, а не на активний захист або аналіз стану водія, що є ключовою задачею інтелектуальної системи безпеки.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Мотоциклетний шолом із інтегрованим дисплеєм доповненої реальності

З інших спроб у минулому варто згадати про проекти, що так і не отримали широкого комерційного визнання: наприклад, Skully AR-1 Helmet був одним із перших концептів із дзеркальною камерою та дисплеєм HUD, але комерційно зазнав невдачі через фінансові проблеми компанії, залишившись прикладом нездійсненої інновації. Це свідчить про те, що технологічні ідеї на кшталт HUD у шоломах ще не стали повністю життєздатними у комерційному масштабі.

Разом з тим, більшість існуючих smart-рішень не мають комплексного підходу, що поєднував би активний моніторинг стану водія (наприклад, виявлення втоми чи падіння), аналіз параметрів руху, адаптивні системи попередження та надійну бездротову передачу даних із мінімальними затримками. На ринку частіше зустрічаються рішення, що зосереджуються на окремих елементах (освітлення, сигналізація, комунікація), і вони недостатньо деталізовані для використання у складніших сценаріях безпеки. Це створює вільну нішу для розробки систем з розвиненою інтеграцією сенсорних даних, адаптивним алгоритмом оцінювання ризику та можливістю взаємодії з платформами IoT для віддаленого моніторингу, що є важливою частиною сучасної концепції інтелектуального шолома.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Огляд існуючих засобів показує, що хоча на ринку вже присутні технологічно просунуті продукти, вони мають суттєві недоліки в контексті завдань, що стоять перед розробкою системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу. Як правило, існуючі рішення орієнтовані або на базову безпеку велосипедистів, або на інформаційні функції, але не забезпечують комплексного моніторингу й активного запобігання аварійним ситуаціям на рівні, необхідному для безпечної їзди двоколісного мототранспорту у реальних умовах.

1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Поставлене завдання з розробки комп'ютеризованої системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу може бути реалізоване з використанням різних технічних і програмних підходів, вибір яких визначається вимогами до функціональності, надійності, вартості та зручності експлуатації. Аналіз можливих рішень передбачає порівняння альтернативних варіантів побудови системи з метою визначення найбільш доцільного підходу для реалізації у межах кваліфікаційної роботи.

Одним із можливих рішень є використання готових комерційних smart-шоломів із відкритими інтерфейсами для розширення функціональності. Такий підхід дозволяє скоротити час на розроблення апаратної частини, однак має суттєві обмеження, пов'язані з закритістю програмного забезпечення, обмеженим доступом до низькорівневих даних сенсорів та високою вартістю готових виробів. Крім того, комерційні рішення зазвичай не дозволяють гнучко змінювати алгоритми обробки даних відповідно до специфічних вимог технічного завдання.

Іншим варіантом є розроблення автономного апаратно-програмного модуля, який інтегрується у стандартний захисний шолом. Такий підхід забезпечує більшу гнучкість проектування та можливість повного контролю над функціонуванням системи. У цьому випадку ключовим є вибір мікроконтролерної платформи, що має достатню обчислювальну потужність, підтримку сенсорних інтерфейсів і

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засобів бездротового зв'язку. Перевагою даного рішення є можливість оптимізації системи під конкретні умови експлуатації, проте воно потребує детальнішого опрацювання апаратної частини та алгоритмів енергозбереження.

З точки зору програмної реалізації можливі різні підходи до обробки даних. Найпростішим є використання порогових алгоритмів, які реагують на перевищення заздалегідь визначених значень параметрів. Таке рішення відрізняється простотою реалізації та низькими вимогами до обчислювальних ресурсів, однак воно може бути недостатньо точним у складних або нестандартних ситуаціях. Альтернативою є використання більш складних алгоритмів аналізу даних, що враховують сукупність параметрів та їх зміну в часі, що підвищує точність виявлення небезпечних станів.

Важливим аспектом є вибір архітектури обміну даними та інтеграції з IoT-платформами. Можливе локальне зберігання даних із періодичною передачею на сервер або безперервна синхронізація в реальному часі. Перший варіант зменшує навантаження на канал зв'язку та енергоспоживання, але обмежує можливості оперативного моніторингу. Другий варіант забезпечує більш повний контроль, проте потребує стабільного з'єднання та ефективних механізмів енергозбереження.

Аналіз можливих рішень свідчить про доцільність вибору модульної автономної комп'ютеризованої системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу, інтегрованої в захисний шолом, з використанням мікроконтролерної платформи та сенсорних модулів. Такий підхід забезпечує баланс між функціональністю, гнучкістю та складністю реалізації і створює передумови для подальшого розвитку та вдосконалення системи відповідно до вимог технічного завдання.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>18</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Структура системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

На основі аналізу технічного завдання та сформульованих вимог було розроблено структуру системи, яка включає сенсорні елементи, обчислювальний модуль, модулі зв'язку, засоби індикації та джерело живлення. На рисунку 2.1 зображено структурну схему IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу.

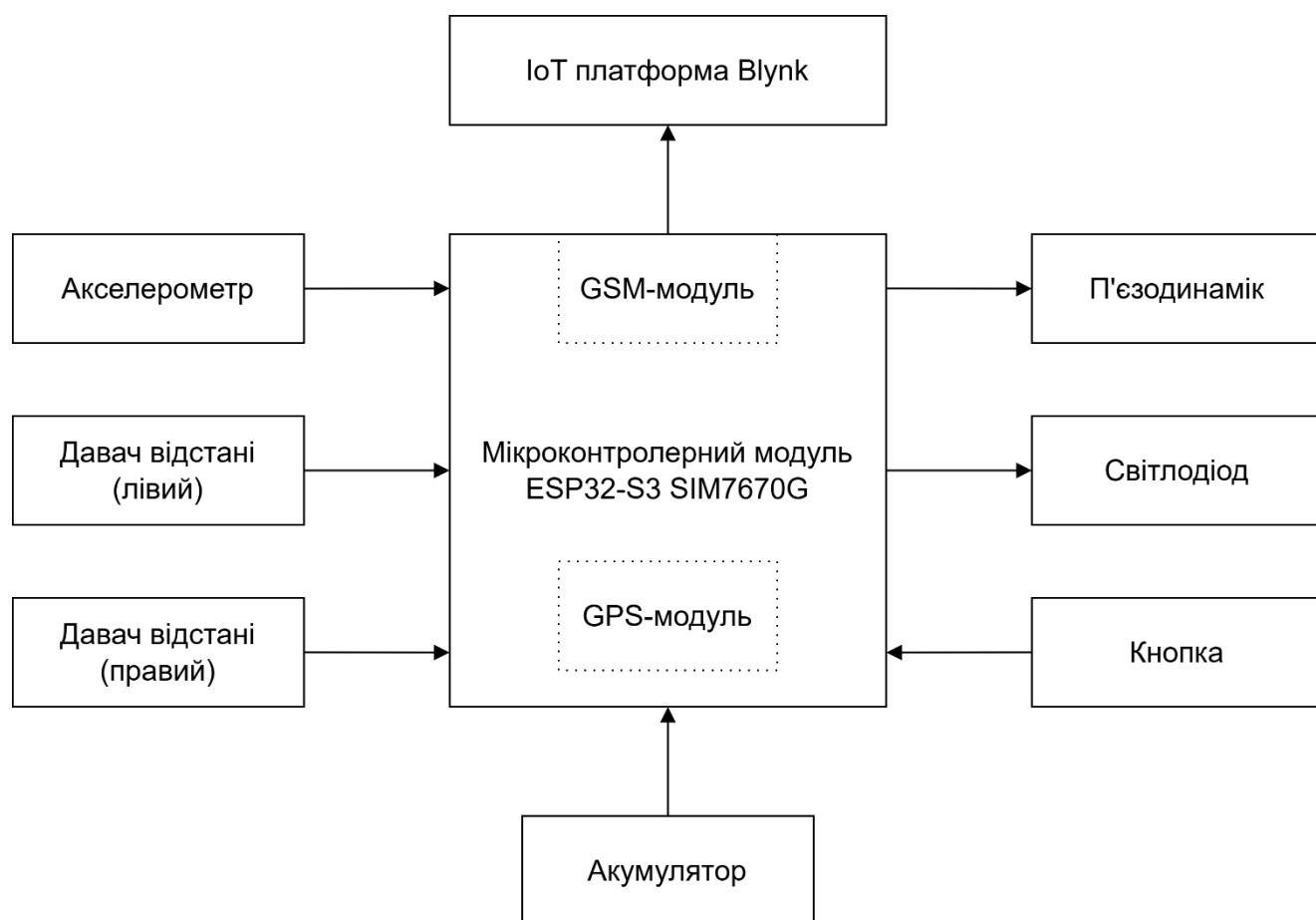


Рисунок 2.1 – Структурна схема IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Кіняк Д.А.			<i>Проектна частина</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Луцик Н.С.					19	16
Рецензент		Палка О.В.				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
Н. Контр.		Тиш Е.В.						
Зав. каф.		Осужівська Г.М.						

Центральним елементом системи є мікроконтролерний модуль, який виконує функції обробки даних, керування периферійними пристроями та забезпечення зв'язку із зовнішніми інформаційними сервісами. До складу цього модуля входять вбудовані засоби бездротового зв'язку та навігації, зокрема модуль мобільного зв'язку та модуль глобальної системи позиціонування. Крім того, у його складі передбачено використання камери, що дозволяє реалізувати функцію фотофіксації подій у разі виникнення аварійної ситуації.

До мікроконтролерного модуля підключаються сенсорні елементи системи, які здійснюють збір інформації про стан руху та навколишнє середовище. Одним із таких елементів є акселерометр, який використовується для вимірювання прискорення по трьох координатних осях. За допомогою цього сенсора система може визначати різкі зміни руху, удари або падіння, що можуть свідчити про виникнення аварійної ситуації. Дані акселерометра передаються до мікроконтролерного модуля, де відбувається їх подальша обробка та аналіз відповідно до реалізованого алгоритму функціонування системи.

Іншим важливим компонентом сенсорної підсистеми є датчі відстані. У структурній схемі передбачено використання двох таких сенсорів, які встановлюються з різних боків шолома та призначені для контролю простору навколо водія. Датчі відстані вимірюють відстань до найближчих об'єктів та передають відповідні дані до мікроконтролера. На основі отриманої інформації система може визначати небезпечне зближення з перешкодами або транспортними засобами, що перебувають у так званих «мертвих зонах» огляду водія. У випадку виявлення небезпечної відстані мікроконтролер формує сигнал попередження.

Для інформування користувача про потенційно небезпечні ситуації у структурі системи передбачено блок індикації та оповіщення. До його складу входять звуковий сигналізатор та світлодіодний індикатор. Звуковий сигналізатор використовується для формування акустичних попереджувальних сигналів у разі виявлення небезпечної відстані до об'єктів або при фіксації аварійної ситуації. Світлодіодний індикатор забезпечує візуальну індикацію стану системи, зокрема може відображати наявність аварійного сигналу або режим роботи пристрою.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремим елементом системи є кнопка керування, яка дозволяє взаємодіяти з пристроєм. Зокрема, ця кнопка може використовуватися для ручного скидання аварійного стану. У разі натискання кнопки мікроконтролерний модуль формує відповідне повідомлення, яке передається через модуль зв'язку на віддалену платформу моніторингу, що забезпечує зворотний зв'язок між системою та користувачем

Важливим елементом структурної схеми є підсистема зв'язку із зовнішніми інформаційними сервісами. Для цього використовується модуль мобільного зв'язку, який забезпечує передавання даних через мережу стільникового зв'язку. Завдяки цьому комп'ютеризована система може передавати інформацію про свій стан, координати користувача, показники сенсорів та повідомлення про аварійні ситуації на віддалену хмарну платформу. У якості такої платформи передбачається використання IoT сервісу, який забезпечує зберігання, обробку та візуалізацію отриманих даних.

Хмарна IoT платформа виконує функції віддаленого моніторингу та взаємодії з користувачем. Дані, отримані від комп'ютеризованої системи, можуть відображатися у вигляді графіків, індикаторів або картографічної інформації. Це дозволяє користувачеві або іншим зацікавленим особам оперативно отримувати інформацію про стан пристрою, місцезнаходження водія та можливі аварійні події.

Живлення всіх компонентів системи здійснюється від автономного джерела енергії, роль якого виконує акумулятор. Блок живлення забезпечує необхідні рівні напруги для роботи мікроконтролерного модуля, сенсорів, індикаторів та інших периферійних компонентів. Використання акумуляторного живлення дозволяє забезпечити автономність роботи системи та її використання у мобільних умовах.

Розроблена структурна схема IoT-системи відображає основні функціональні блоки пристрою та взаємозв'язки між ними. Центральним елементом системи виступає мікроконтролерний модуль, який об'єднує роботу сенсорів, засобів індикації, модулів зв'язку та навігації. Отримана від сенсорів інформація обробляється мікроконтролером, після чого система формує відповідні попереджувальні сигнали або передає дані на віддалену IoT платформу.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Апаратне забезпечення системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

2.2.1 Мікроконтролерний модуль ESP32-S3 SIM7670G

Мікроконтролерний модуль ESP32-S3 SIM7670G є сучасною багатофункціональною платою розробника, призначеною для створення IoT-пристроїв, систем дистанційного моніторингу та мобільних вбудованих систем. Даний модуль поєднує у собі високопродуктивний мікроконтролер, засоби бездротового зв'язку, модуль стільникового зв'язку четвертого покоління, навігаційний приймач GNSS, інтерфейс камери та розвинену систему керування живленням. Завдяки поєднанню цих компонентів на одній платі він добре підходить для реалізації мобільних комп'ютеризованих систем, що потребують обробки даних, передачі інформації в мережу та визначення географічного положення (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Мікроконтролерний модуль ESP32-S3 SIM7670G

Основу плати становить мікроконтролер ESP32-S3, який є системою на кристалі (SoC) із 32-бітною архітектурою. Він містить двоядерний процесор Xtensa LX7, що забезпечує високу обчислювальну продуктивність для обробки даних

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

сенсорів, реалізації алгоритмів аналізу подій та керування периферійними пристроями. Мікроконтролер має вбудовану оперативну пам'ять, постійну пам'ять та апаратні засоби прискорення криптографічних операцій. Наявність апаратного генератора випадкових чисел та цифрового підпису дозволяє реалізовувати захищені IoT-застосування. Для зберігання програмного коду та даних на платі передбачено зовнішню Flash-пам'ять та PSRAM, що значно розширює можливості мікроконтролера.

Важливою складовою модуля є інтегровані засоби бездротового зв'язку. ESP32-S3 підтримує Wi-Fi, а також BLE версії 5.0. Це дозволяє використовувати плату для локальної передачі даних, підключення мобільних пристроїв, налаштування системи або створення локальних мереж IoT. Вбудована антена забезпечує достатній рівень радіосигналу для стабільної роботи у межах стандартної бездротової мережі.

Окрім бездротових інтерфейсів ближнього радіусу дії, плата оснащена модулем стільникового зв'язку SIM7670G, який підтримує мережі LTE Cat-1. Цей модуль дозволяє підключатися до мережі мобільного оператора та передавати дані через Інтернет незалежно від наявності локальної Wi-Fi мережі. Швидкість передачі даних може досягати приблизно 10 Мбіт/с у напрямку прийому та до 5 Мбіт/с у напрямку передавання. Модуль підтримує широкий набір частотних діапазонів LTE, що забезпечує сумісність з операторами різних країн. Для керування модулем використовуються стандартні AT-команди, які передаються від мікроконтролера через послідовний інтерфейс.

Ще однією важливою функцією плати є підтримка глобальних навігаційних систем. Модуль SIM7670G має вбудований приймач GNSS, який підтримує системи GPS, BeiDou та Galileo. Завдяки цьому плата може визначати географічні координати пристрою та передавати їх у віддалені інформаційні системи. Для прийому сигналів навігаційних супутників використовується керамічна GNSS-антена, що входить до комплекту плати. Наявність навігаційного модуля робить плату придатною для мобільних систем моніторингу, транспортних систем та пристроїв відстеження місцезнаходження.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плата також має інтерфейс для підключення цифрової камери. Використовується 24-контактний інтерфейс, сумісний з камерами сімейства OV, зокрема OV2640. Камера може використовуватися для фотофіксації подій або реалізації функцій комп'ютерного зору. Підтримка камер дозволяє реалізувати системи відеоспостереження, розпізнавання об'єктів або фіксації аварійних ситуацій у мобільних пристроях. Основні параметри модуля ESP32-S3 SIM7670G приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики модуля ESP32-S3 SIM7670G

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ESP32-S3R2
Архітектура процесора	Xtensa LX7, 32-біт
Кількість ядер	2
Максимальна тактова частота	до 240 МГц
Вбудована пам'ять	512 КБ SRAM, 384 КБ ROM
Зовнішня пам'ять	16 МБ Flash, 2 МБ PSRAM
Бездротові інтерфейси	Wi-Fi 2,4 ГГц (802.11 b/g/n), Bluetooth LE 5.0
Стільниковий зв'язок	LTE Cat-1 (SIM7670G)
Швидкість передачі даних LTE	до 10 Мбіт/с (DL), до 5 Мбіт/с (UL)
Навігація	GPS, BeiDou, GLONASS, Galileo
Інтерфейс камери	24-контактний, підтримка камери OV2640
Інтерфейси вводу-виводу	GPIO, I2C, SPI, UART, ADC, PWM
Додаткові можливості	слот microSD, RGB-індикатор
Живлення	5 В (USB) або 3,7–4,2 В (акумулятор 18650)
Логічний рівень	3,3 В

Важливою складовою апаратної архітектури плати є система живлення. Плата підтримує кілька варіантів живлення, зокрема через USB-порт, через контактний роз'єм або від акумулятора типу 18650. Для акумуляторного живлення передбачено спеціальний тримач та схему заряджання, що дозволяє

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати плату у мобільних автономних системах. Крім того, на платі реалізовано систему вимірювання напруги акумулятора та захист від неправильної полярності. У деяких конфігураціях передбачено навіть можливість заряджання від сонячної панелі, що розширює сферу застосування пристрою у польових умовах.

Для підключення зовнішніх сенсорів і периферійних пристроїв плата оснащена розширеним набором інтерфейсів вводу-виводу. Виводи мікроконтролера виведені на стандартні контактні роз'єми, що дозволяє використовувати інтерфейси GPIO, I2C, SPI, UART, ADC та PWM. Завдяки цьому до плати можна легко підключати різноманітні датчики, виконавчі пристрої та індикатори. Також на платі передбачено слот для microSD-карти, що дозволяє організувати локальне зберігання даних або медіафайлів (рис. 2.3).

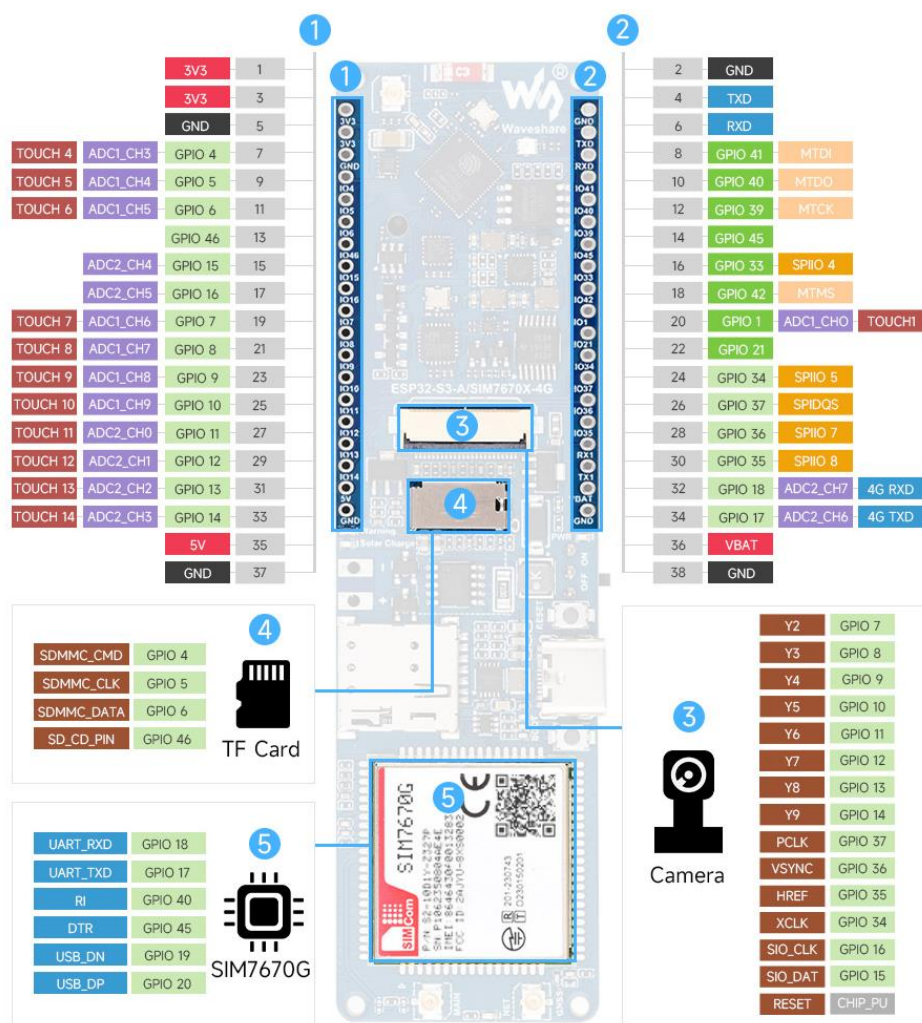


Рисунок 2.3 – Схема виводів модуля ESP32-S3 SIM7670G

Принцип роботи мікроконтролерного модуля полягає у зчитуванні інформації з підключених сенсорів, обробці отриманих даних за допомогою програмного алгоритму та передаванні результатів обробки до зовнішніх систем або користувача. Мікроконтролер отримує дані через інтерфейси вводу-виводу, виконує обчислення та формує керуючі сигнали для периферійних пристроїв. У разі необхідності передавання інформації на віддалений сервер або IoT платформу використовується модуль стільникового зв'язку або бездротові інтерфейси Wi-Fi чи Bluetooth. Навігаційний модуль забезпечує визначення координат, які можуть передаватися разом із іншими даними.

Вибір даного мікроконтролерного модуля для реалізації IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу є обґрунтованим з кількох причин. По-перше, модуль поєднує в одному пристрої мікроконтролер, засоби бездротового зв'язку, стільниковий модем та навігаційний приймач, що значно спрощує апаратну архітектуру системи та зменшує кількість окремих компонентів. По-друге, підтримка мереж LTE дозволяє передавати дані на віддалену IoT платформу незалежно від наявності Wi-Fi мережі, що особливо важливо для мобільних транспортних систем. По-третє, наявність GNSS-модуля дає змогу визначати координати водія та передавати їх у разі аварійної ситуації.

Крім того, висока обчислювальна продуктивність ESP32-S3 дозволяє реалізувати алгоритми аналізу даних акселерометра, контролю відстані до перешкод та формування сигналів попередження. Наявність інтерфейсу камери створює можливість додаткової фотофіксації подій, що є корисним при аварійних ситуаціях. Підтримка акумуляторного живлення та компактні розміри плати роблять її придатною для використання у мобільних пристроях, зокрема в інтелектуальному захисному шоломі.

Отже, мікроконтролерний модуль ESP32-S3 SIM7670G є оптимальною апаратною платформою для реалізації проєктованої IoT-системи, оскільки поєднує необхідні обчислювальні ресурси, засоби зв'язку, навігації та розширені можливості підключення периферійних пристроїв.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Давач відстані VL53L0X

Для реалізації функцій виявлення перешкод у IoT-системі для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу доцільно використовувати лазерні давачі відстані. Одним із найбільш поширених і компактних сенсорів такого типу є модуль VL53L0X, розроблений компанією STMicroelectronics. Даний давач належить до класу оптичних сенсорів вимірювання відстані, які працюють за технологією Time-of-Flight (ToF) та забезпечують точне визначення відстані до об'єктів на основі вимірювання часу проходження світлового імпульсу (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Давач відстані VL53L0X

Модуль VL53L0X реалізується у вигляді компактної електронної плати, що містить основний сенсорний чип, допоміжну електроніку для стабілізації живлення та інтерфейсні контакти для підключення до мікроконтролера. Основним елементом модуля є інтегральна мікросхема VL53L0X, яка включає джерело лазерного випромінювання, фотодетектор, оптичну систему та вбудований сигнальний процесор. Випромінювання генерується за допомогою вертикально-випромінюючого лазера типу VCSEL.

Принцип роботи давача базується на вимірюванні часу, за який лазерний імпульс проходить відстань від сенсора до предмета та повертається назад після відбиття. Вбудована система фотодетекторів реєструє відбитий сигнал і визначає час його повернення. На основі цього часу сенсор обчислює відстань до предмета.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою особливістю VL53L0X є наявність вбудованого мікроконтролера, який виконує обробку сигналів і формує готовий результат вимірювання. Це дозволяє значно зменшити навантаження на основний мікроконтролер системи, оскільки користувач отримує вже оброблені дані через цифровий інтерфейс. Передавання даних виконується через інтерфейс I²C, що забезпечує просту інтеграцію давача з різними мікроконтролерними платформами, зокрема з ESP32.

Конструктивно давач VL53L0X має невеликі габарити, що дозволяє вмонтувати його у портативні пристрої та системи з обмеженим простором для розміщення компонентів. На платі модуля розміщені контактні виводи для живлення та підключення інтерфейсу I²C, а також додаткові сигнальні лінії для керування роботою сенсора. Невеликі розміри та низьке енергоспоживання роблять цей сенсор придатним для використання в автономних пристроях, які живляться від акумуляторів. В таблиці 2.2 зведені характеристики давача VL53L0X.

Таблиця 2.2 – Характеристики давача VL53L0X

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання відстані	30 мм – 2000 мм
Точність вимірювання	до $\pm 3\%$
Довжина хвилі лазера	940 нм
Напруга живлення	2,6 – 5 В
Середній струм споживання	20 мА
Інтерфейс зв'язку	I ² C
Час вимірювання	20–30 мс
Робочий температурний діапазон	-20...+70 °C

До основних переваг використання лазерного давача VL53L0X належать висока точність вимірювання, швидка обробка сигналу та стійкість до зовнішніх умов освітлення. Завдяки використанню інфрачервоного лазера з вбудованим оптичним фільтром сенсор має низьку чутливість до сторонніх джерел світла.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діапазон вимірювання давача може досягати приблизно 2 метрів, а час одного вимірювання становить менше 30 мс, що забезпечує достатню швидкість для систем реального часу.

Використання VL53L0X у проєктованій IoT-системі для запобігання аварійним ситуаціям дозволяє реалізувати функцію виявлення перешкод у так званих «мертвих зонах» навколо транспортного засобу. У розроблюваній системі передбачається використання двох таких сенсорів, які можуть бути розміщені з боків шолома або транспортного засобу для контролю відстані до об'єктів. У разі наближення перешкоди на небезпечну відстань мікроконтролерна система формує звуковий сигнал за допомогою бузера та попереджає водія.

Вибір давача VL53L0X для реалізації даної системи обумовлено рядом технічних переваг. Цей сенсор має компактні розміри та малу масу, що важливо для інтеграції в захисний шолом без значного збільшення його ваги. Давач забезпечує достатній діапазон вимірювання для виявлення перешкод поблизу транспортного засобу. Використання цифрового інтерфейсу I²C спрощує інтеграцію з мікроконтролером ESP32-S3 та дозволяє підключати декілька давачів одночасно. Крім того, давач характеризується низьким енергоспоживанням, що є важливою вимогою для автономних систем, які працюють від акумулятора. Це дозволяє збільшити тривалість роботи пристрою без підзаряджання.

Використання лазерного давача відстані VL53L0X є технічно обґрунтованим рішенням для реалізації функцій виявлення перешкод у IoT-системі для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу. Його технічні характеристики, компактність та достатня точність вимірювання забезпечують ефективну реалізацію системи попередження про потенційно небезпечні об'єкти.

2.2.3 Модуль 3-осьового акселерометра ADXL345

Тривісний акселерометр ADXL345 є високоточним цифровим мікроелектромеханічним (MEMS) сенсором, призначеним для вимірювання прискорення вздовж трьох осей. Цей давач широко застосовується у системах

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моніторингу руху, навігаційних пристроях, мобільній електроніці, робототехніці, а також у різноманітних вбудованих системах, де необхідно визначати нахил, вібрацію, удари або зміну положення об'єкта у просторі. Основною перевагою акселерометра ADXL345 є поєднання високої точності вимірювання, малого енергоспоживання та компактних габаритів, що корисно для використання у портативних пристроях і системах, які працюють від акумуляторних джерел живлення (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Модуль 3-осьового акселерометра ADXL345

Конструктивно акселерометр ADXL345 виконаний у вигляді мікроелектромеханічної системи, що містить мікромеханічну структуру з масою, підвішеною на пружних елементах. При дії прискорення ця маса зміщується відносно свого початкового положення. Внаслідок цього змінюється електрична ємність між електродами сенсора. Спеціалізована інтегрована схема перетворює зміну ємності у цифровий сигнал, який відповідає значенню прискорення. Отримані дані обробляються внутрішньою електронікою та передаються у мікроконтролер через цифровий інтерфейс. Такий принцип роботи забезпечує високу точність вимірювання, стабільність характеристик та стійкість до зовнішніх впливів.

Акселерометр ADXL345 здатний вимірювати як статичне, так і динамічне прискорення. Статичне прискорення використовується для визначення кута нахилу пристрою. Динамічне прискорення виникає під час руху або вібрацій і дозволяє фіксувати різкі зміни положення або удари. Завдяки цьому акселерометр

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може використовуватися для визначення аварійних ситуацій, різкого гальмування, падіння або зіткнення транспортного засобу.

Однією з важливих особливостей ADXL345 є можливість вибору діапазону вимірювання прискорення. Сенсор підтримує чотири режими: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ та $\pm 16g$. Завдяки цьому користувач може адаптувати роботу давача до конкретної задачі. Наприклад, для вимірювання незначних коливань використовується вузький діапазон $\pm 2g$, а для реєстрації різких ударів або аварійних ситуацій доцільно застосовувати ширший діапазон $\pm 16g$. Роздільна здатність сенсора у повнорозрядному режимі досягає 13 біт, що дозволяє визначати дуже малі зміни прискорення. Технічні параметри акселерометра ADXL345 наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні параметри акселерометра ADXL345

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання	$\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$
Роздільна здатність	до 13 біт
Чутливість	74 mg/LSB
Частота вихідних даних	0,1–3200 Гц
Інтерфейс обміну даними	I ² C або SPI
Напруга живлення	2,0–3,6 В
Споживаний струм	≈ 23 –40 мкА
Робоча температура	-40...+85 °C

Передавання даних від акселерометра до мікроконтролера здійснюється через стандартні цифрові інтерфейси I²C або SPI. Це значно спрощує інтеграцію давача у мікроконтролерні системи. Наявність двох програмованих виходів переривань дозволяє реалізувати подійно-орієнтований режим роботи, коли сенсор самостійно повідомляє контролер про виникнення певних подій, наприклад перевищення порогу прискорення, виявлення удару або стану вільного падіння.

Ще однією важливою перевагою акселерометра є низьке енергоспоживання. У режимі вимірювання споживаний струм становить близько 23–40 мкА, що

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє використовувати сенсор у пристроях з автономним живленням протягом тривалого часу. У режимі очікування споживання струму знижується до приблизно 0,1 мкА. Завдяки цьому акселерометр є ефективним рішенням для портативних IoT-пристроїв та мобільних систем.

Для спрощення використання сенсор зазвичай застосовується у вигляді готового модуля, що містить стабілізатор живлення, допоміжні електронні компоненти та виводи для підключення до мікроконтролера. Такий модуль має компактні розміри та забезпечує просте підключення до системи через декілька сигнальних ліній.

Використання акселерометра ADXL345 у проєктованій IoT-системі для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу є обґрунтованим з кількох причин. Цей енсор дозволяє фіксувати різкі зміни прискорення, що дає можливість виявляти ДТП або падіння мотоцикліста. Акселерометр може використовуватися для визначення нахилу шолома або різких рухів голови водія. Низьке енергоспоживання сенсора забезпечує ефективну роботу системи від акумуляторного живлення. Крім того, підтримка інтерфейсів I²C та SPI дозволяє легко інтегрувати акселерометр з мікроконтролерним модулем ESP32-S3 SIM7670G.

Акселерометр ADXL345 є оптимальним сенсорним елементом для реалізації функцій контролю руху та виявлення аварійних ситуацій у проєктованій IoT-системі.

2.3 Електрична принципова схема пристрою

На рисунку 2.6 представлена електрична принципова схема пристрою для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу. Центральним елементом схеми є мікроконтролерний модуль ESP32-S3 SIM7670G, до якого підключаються всі периферійні компоненти. Мікроконтролер здійснює опитування сенсорів, аналізує отримані дані та формує керуючі сигнали для виконавчих елементів системи.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

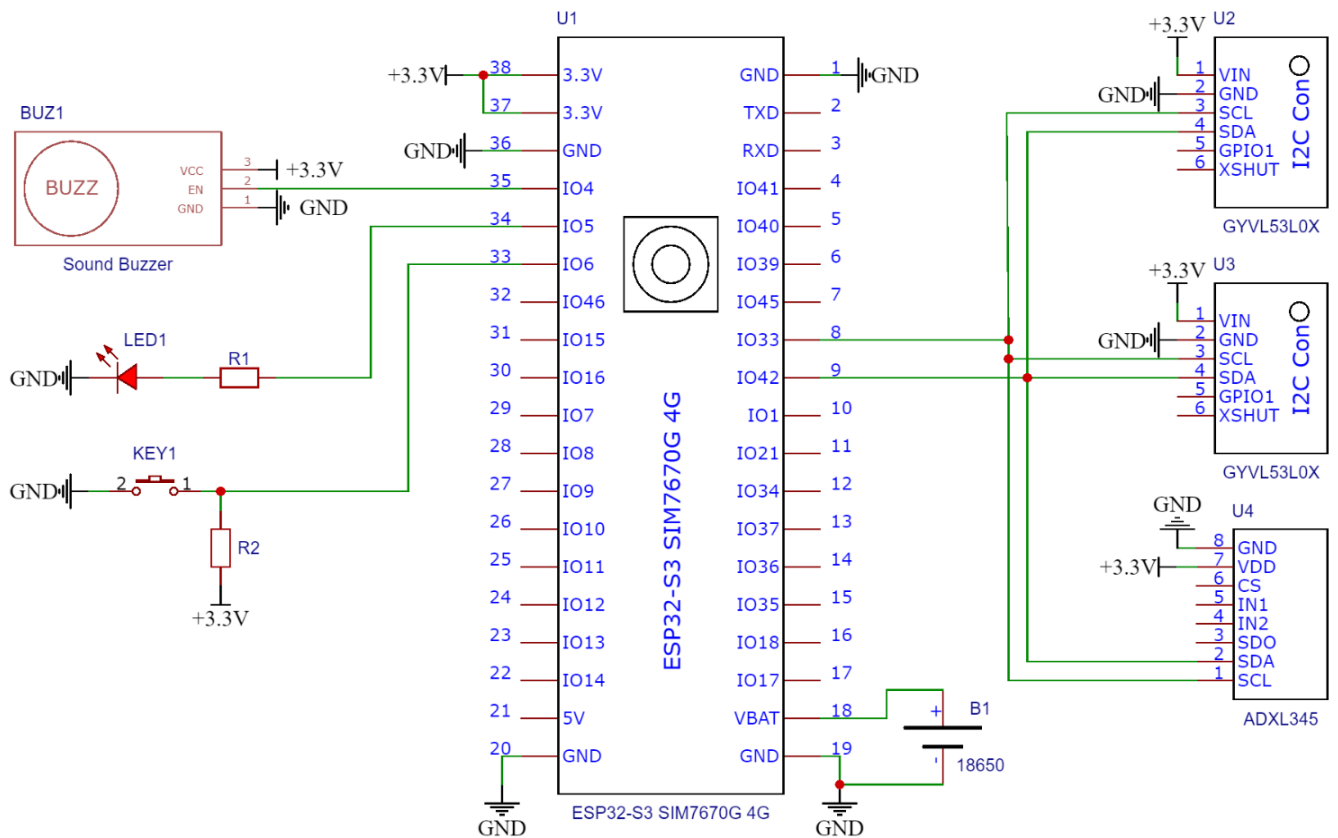


Рисунок 2.11 – Електрична схема IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

Живлення системи здійснюється від акумулятора типу 18650, який підключається до відповідних контактів живлення плати мікроконтролера. Номінальна напруга такого акумулятора становить приблизно 3,7 В, що відповідає допустимому діапазону живлення модуля. На платі передбачено вбудовану схему заряджання та контролю рівня заряду батареї, тому акумулятор може безпосередньо підключатися до контакту VBAT, а негативний контакт з'єднується з загальною шиною GND.

Для визначення просторового положення та виявлення падіння використовується трьохосьовий акселерометр ADXL345, який підключається до мікроконтролера через інтерфейс I²C. Лінія передачі даних SDA підключається до порту GPIO42, а лінія тактового сигналу SCL – до порту GPIO33 мікроконтролера.

Для виявлення перешкод у зоні поруч із транспортним засобом використовуються два лазерні давачі відстані VL53L0X. Обидва сенсори також підключаються до тієї ж шини I²C, що і акселерометр.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для подачі звукових попереджень водію у схемі використовується буюер, який виконує функцію звукової сигналізації. Позитивний контакт буюера підключається до цифрового порту GPIO4 мікроконтролера, а негативний контакт з'єднується із загальною шиною GND. Керування буюером здійснюється шляхом формування відповідних цифрових сигналів на зазначеному порту.

Світлова індикація стану системи реалізована за допомогою світлодіода. Анод світлодіода підключається до цифрового виходу GPIO5 через обмежувальний резистор номіналом приблизно 220 Ом, що запобігає перевищенню допустимого струму. Світлодіод використовується для індикації режиму роботи системи, наприклад, для сигналізації про активність системи або встановлення з'єднання з мережею.

Для взаємодії користувача з системою передбачена кнопка керування, яка дозволяє активувати певні функції системи, наприклад скасувати автоматичне повідомлення про аварію. Один контакт кнопки підключається до порту GPIO6, а інший контакт з'єднується з шиною GND. До цього ж входу через резистор номіналом приблизно 10 кОм підключається живлення 3,3V, що формує підтягуючий резистор і забезпечує стабільний рівень логічного сигналу у стані, коли кнопка не натиснута.

Передача даних до хмарної IoT-платформи здійснюється через вбудований модуль мобільного зв'язку SIM7670G, який інтегрований у плату та підключений до мікроконтролера внутрішнім інтерфейсом. Модуль підтримує мобільний зв'язок стандарту LTE Cat-1 та може використовуватися для передачі даних через мережі TCP/IP, HTTP або MQTT. Крім того, на платі передбачений модуль GNSS, який забезпечує визначення координат пристрою за допомогою супутникових систем позиціонування.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка алгоритму роботи IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

Алгоритм роботи системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу розроблено з урахуванням необхідності безперервного моніторингу параметрів руху користувача, виявлення потенційно небезпечних ситуацій та оперативного реагування на них із використанням IoT- та GSM/GNSS-технологій. Основною метою алгоритму є підвищення рівня безпеки водія двоколісного транспортного засобу шляхом попередження про небезпеку, автоматичного виявлення аварій та передавання відповідної інформації віддаленим користувачам.

Функціонування системи починається з етапу ініціалізації, під час якого здійснюється налаштування апаратних модулів, зокрема сенсорів, комунікаційних інтерфейсів та засобів індикації. Після завершення ініціалізації система переходить до основного циклу роботи, який реалізує безперервне виконання задач обробки подій, обслуговування мережевої взаємодії та запуску періодичних функцій за допомогою програмного таймера.

Ключовою складовою алгоритму є періодичне зчитування даних із сенсорів (рис. 3.1). Акселерометр використовується для визначення загального прискорення, що дозволяє оцінити динаміку руху та виявити різкі механічні впливи, характерні для аварійних ситуацій. Додатково застосовуються давачі відстані, які забезпечують контроль наявності перешкод поблизу користувача. Отримані дані обробляються та передаються на IoT-платформу для віддаленого моніторингу.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Кіняк Д.А.</i>			<i>Практична частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Луцик Н.С.</i>					35	16
<i>Рецензент</i>		<i>Палка О.В.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

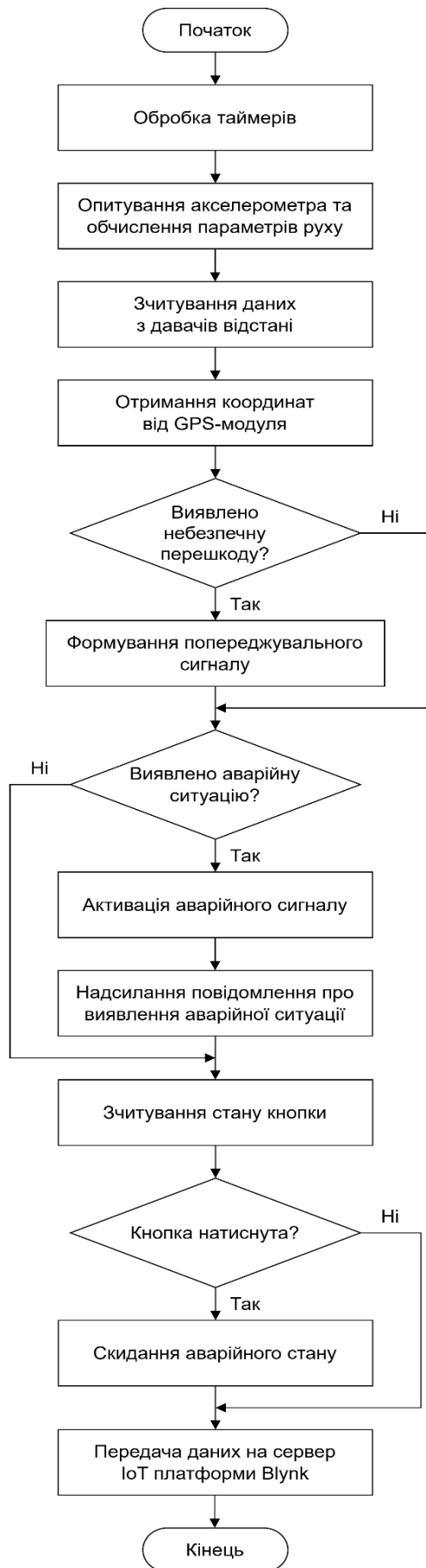


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми loop у IoT-системі для запобігання аварійним ситуаціям

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Алгоритм передбачає реалізацію механізму попередження про потенційну небезпеку. У випадку, якщо відстань до перешкоди стає меншою за встановлений поріг, система формує короточасний звуковий сигнал, який інформує користувача про необхідність зміни траєкторії руху або зниження швидкості. Це дозволяє запобігти можливому зіткненню.

Окремий блок алгоритму відповідає за виявлення аварійної ситуації. Аналіз значення результуючого прискорення дозволяє визначити факт різкого удару або падіння. У разі перевищення встановленого порогового значення система фіксує аварію та переходить у режим аварійного реагування. Для уникнення багаторазового спрацювання використовується механізм блокування повторної реєстрації події до моменту її скидання користувачем.

Важливим доповненням алгоритму є інтеграція підсистеми глобального позиціонування. Система періодично отримує географічні координати за допомогою GNSS-модуля та передає їх на IoT-платформу. Це дозволяє відстежувати місцезнаходження користувача в реальному часі. Крім того, у разі виявлення аварійної ситуації координати автоматично включаються до повідомлення, що надсилається через GSM-мережу у вигляді SMS. Такий підхід забезпечує оперативне інформування відповідальних осіб навіть за відсутності доступу до мережі Інтернет.

Після фіксації аварії алгоритм передбачає виконання комплексу дій, спрямованих на привернення уваги та передачу інформації. Активується світлова та звукова сигналізація, формується подія для IoT-платформи, а також надсилається текстове повідомлення з координатами місця події. Це значно підвищує ймовірність своєчасного надання допомоги постраждалому.

Додатково алгоритм включає можливість ручного скидання аварійного стану. Користувач може натиснути кнопку, після чого система припиняє сигналізацію та повертається до стандартного режиму роботи. Це дозволяє уникнути хибних спрацювань або завершити аварійний режим після усунення небезпеки.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка програмного забезпечення

3.2.1 Підпрограма setup()

Підпрограма setup() виконує первинну ініціалізацію всіх апаратних і програмних компонентів системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу та забезпечує підготовку мікроконтролера до подальшої роботи в основному циклі. Дана підпрограма викликається один раз після подачі живлення або перезавантаження пристрою, що відповідає стандартній моделі виконання вбудованих систем на базі платформи ESP32 (рис. 3.2).

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  gsmSerial.begin(115200, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
  Wire.begin();
  accel.begin();
  sensorLeft.init();
  sensorRight.init();
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
  // Ініціалізація GNSS
  gsmSerial.println("AT+CGNSPWR=1");
  delay(1000);
  Blynk.begin(auth, "WIFI", "PASS");
  timer.setInterval(1000L, readSensors);
  timer.setInterval(200L, checkButton);
  timer.setInterval(5000L, readGPS); // GPS кожні 5 сек
}
```

Рисунок 3.2 – Лістинг підпрограми setup()

На початку роботи здійснюється ініціалізація послідовних інтерфейсів. Зокрема, стандартний UART використовується для налагодження та виводу службової інформації. Додатково ініціалізується другий апаратний послідовний інтерфейс, який використовується для взаємодії з GSM/GNSS модулем. Для нього

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

задаються відповідні параметри передачі даних та визначаються піни прийому і передачі, що дозволяє організувати обмін AT-командами.

Далі виконується ініціалізація шини I²C, яка використовується для підключення сенсорних модулів. Після активації інтерфейсу здійснюється запуск акселерометра та лазерних давачів відстані. Це дозволяє підготувати сенсори до подальшого зчитування даних, необхідних для аналізу динаміки руху та виявлення потенційно небезпечних ситуацій.

Наступним етапом є конфігурація цифрових входів і виходів мікроконтролера. Встановлюється режим роботи виводів, що керують звуковим сигналізатором та світлодіодом, як вихідний, а кнопка користувача налаштовується як вхід з внутрішнім підтягувальним резистором. Така конфігурація забезпечує стабільне зчитування стану кнопки без необхідності використання зовнішніх компонентів.

Після цього здійснюється ініціалізація GNSS-підсистеми GSM-модуля шляхом передавання відповідної AT-команди. Це дозволяє активувати приймач супутникової навігації для подальшого визначення географічних координат пристрою. Невелика затримка після команди необхідна для коректного запуску модуля та стабілізації його роботи.

Важливим етапом є встановлення з'єднання з IoT-платформою через бездротову мережу Wi-Fi. Після успішної авторизації пристрій отримує можливість передавати телеметричні дані, а також надсилати події, пов'язані з аварійними ситуаціями, до віддаленого сервера для подальшого моніторингу.

Завершальним етапом підпрограми є налаштування програмного таймера, який реалізує періодичне виконання окремих функціональних задач системи. Зокрема, задається інтервал для регулярного зчитування даних сенсорів, більш часта перевірка стану кнопки користувача, а також періодичне отримання координат з GPS-модуля. Такий підхід дозволяє організувати квазіпаралельне виконання задач без використання складних механізмів багатопоточності, що є ефективним рішенням для мікроконтролерних систем.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Підпрограма loop()

Підпрограма loop() реалізує основний цикл роботи мікроконтролера, який виконується безперервно після завершення setup(). У ній викликаються дві ключові функції: Blynk.run() та timer.run() (рис. 3.3).

```
void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run();
}
```

Рисунок 3.3 – Лістинг підпрограми loop()

Функція Blynk.run() забезпечує підтримку постійного з'єднання з сервером Blynk, обробку вхідних і вихідних повідомлень та синхронізацію даних. У свою чергу, функція timer.run() відповідає за перевірку таймерів і виклик запланованих функцій відповідно до заданих інтервалів. Така організація циклу дозволяє системі одночасно виконувати моніторинг сенсорів, обробку подій та обмін даними з хмарною платформою.

3.2.3 Підпрограма readSensors()

Підпрограма readSensors() реалізує ключову функціональність, пов'язану зі збором даних із сенсорів, їх обробкою та виявленням потенційно небезпечних або аварійних ситуацій. Дана підпрограма виконується періодично за допомогою програмного таймера, що забезпечує регулярний моніторинг стану навколишнього середовища та динаміки руху користувача.

На початковому етапі роботи підпрограми здійснюється зчитування даних з акселерометра. Отримані значення прискорення по трьох осях простору використовуються для обчислення результуючого вектора прискорення. Для цього застосовується формула евклідової норми, яка дозволяє визначити загальну інтенсивність руху незалежно від його напрямку. Такий підхід є ефективним для виявлення різких змін руху, характерних для аварійних ситуацій, зокрема падінь або зіткнень (рис. 3.4).

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

void readSensors()
{
  sensors_event_t event;
  accel.getEvent(&event);
  float totalAccel = sqrt(
    event.acceleration.x * event.acceleration.x +
    event.acceleration.y * event.acceleration.y +
    event.acceleration.z * event.acceleration.z
  );
  int distanceLeft = sensorLeft.readRangeSingleMillimeters();
  int distanceRight = sensorRight.readRangeSingleMillimeters();
  Blynk.virtualWrite(V0, totalAccel);
  Blynk.virtualWrite(V1, distanceLeft);
  Blynk.virtualWrite(V2, distanceRight);
  // Перешкода
  if (distanceLeft < obstacleThreshold || distanceRight < obstacleThreshold)
  {
    tone(BUZZER_PIN, 2000, 200);
  }
  // Аварія
  if (totalAccel > crashThreshold && !crashDetected)
  {
    crashDetected = true;
    Blynk.logEvent("crash_alert", "Accident detected!");
    String sms = "Accident detected!\n";
    sms += "Lat: " + gpsLat + "\n";
    sms += "Lon: " + gpsLon;
    sendSMS(sms);
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      tone(BUZZER_PIN, 3000);
      delay(200);
      digitalWrite(LED_PIN, LOW);
      noTone(BUZZER_PIN);
      delay(200);
    }
  }
}
}

```

Рисунок 3.4 – Лістинг підпрограми readSensors()

Паралельно виконується зчитування даних з двох датчиків відстані, розташованих з різних боків шолома. Це дозволяє контролювати наявність перешкод у безпосередній близькості до користувача. Отримані значення відстаней можуть використовуватись для оцінки ризику зіткнення з об'єктами під час руху.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після збору даних виконується їх передача на IoT-платформу. Значення загального прискорення та відстаней надсилаються на відповідні віртуальні канали, що забезпечує можливість віддаленого моніторингу стану системи. Це дозволяє користувачу або зовнішнім системам отримувати актуальну інформацію про параметри руху та навколишнього середовища.

Далі реалізується логіка виявлення перешкод. У випадку, якщо хоча б один із датчиків фіксує відстань меншу за встановлений поріг, формується короткочасний звуковий сигнал. Такий сигнал виконує функцію попередження користувача про небезпечне наближення до об'єкта та сприяє своєчасному реагуванню.

Окремим важливим блоком є виявлення аварійної ситуації. Якщо обчислене значення загального прискорення перевищує заданий поріг, що свідчить про різке механічне навантаження, і при цьому аварія ще не була зафіксована раніше, система переходить у режим аварійного реагування. Для уникнення повторного спрацьовування використовується логічний прапорець, який фіксує факт виявлення аварії.

У разі підтвердження аварійної ситуації виконується комплекс дій. По-перше, формується повідомлення для IoT-платформи, що дозволяє зафіксувати подію та сповістити користувача через віддалений інтерфейс. По-друге, генерується текстове повідомлення, яке містить інформацію про факт аварії та поточні географічні координати пристрою. Це повідомлення передається через GSM-модуль у вигляді SMS, що забезпечує інформування відповідальних осіб навіть за відсутності інтернет-з'єднання.

Завершальним етапом є локальна сигналізація аварії за допомогою світлових та звукових індикаторів. Реалізується циклічне вмикання та вимикання світлодіода разом із генерацією звукового сигналу, що створює помітний тривожний ефект. Така індикація дозволяє привернути увагу оточуючих до місця події та може сприяти швидшому наданню допомоги.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.4 Підпрограма checkButton()

Підпрограма checkButton() призначена для обробки подій, пов'язаних із взаємодією користувача з системою, зокрема для скидання аварійного стану після його виникнення. Дана функція викликається періодично за допомогою таймера, що забезпечує регулярне опитування стану кнопки без використання блокуючих затримок і дозволяє інтегрувати її роботу в загальний цикл функціонування системи (рис. 3.5).

```
void checkButton()
{
  if(digitalRead(BUTTON_PIN)==LOW)
  {
    crashDetected=false;
    noTone(BUZZER_PIN);
    Blynk.virtualWrite(V3,"Alarm cancelled");
  }
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг підпрограми checkButton()

На початку підпрограми виконується перевірка стану цифрового входу, до якого підключена кнопка керування, за допомогою функції digitalRead(). У випадку виявлення факту натискання кнопки користувачем система виконує скидання аварійного стану шляхом встановлення змінної crashDetected у значення false. Це дозволяє повторно активувати механізм виявлення аварій у подальшій роботі системи, оскільки попередньо зафіксований стан більше не буде блокувати нові спрацювання. Такий підхід забезпечує можливість багаторазового використання системи без необхідності її перезавантаження.

Додатково в межах цієї підпрограми здійснюється вимкнення звукового сигналізатора за допомогою функції noTone(), що є важливим для припинення аварійної індикації після підтвердження користувачем. Це підвищує зручність експлуатації системи та дозволяє уникнути тривалого звукового сигналу після усунення небезпечної ситуації.

На завершальному етапі виконується передача інформаційного повідомлення на IoT платформу за допомогою функції Blynk.virtualWrite(V3,

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

"Alarm cancelled"). Це дозволяє відобразити у користувацькому інтерфейсі факт скасування тривоги, що забезпечує зворотний зв'язок між системою та користувачем. Таким чином, підпрограма `checkButton()` реалізує механізм ручного керування аварійним станом системи та підвищує її функціональність і зручність використання.

3.2.5 Підпрограма `readGPS()`

Підпрограма `readGPS()` призначена для отримання географічних координат місцезнаходження пристрою за допомогою вбудованого GNSS-модуля та подальшої передачі цих даних на IoT-платформу. Вона виконується періодично з використанням програмного таймера, що забезпечує регулярне оновлення інформації про координати користувача (рис. 3.6).

```
void readGPS()
{
    gsmSerial.println("AT+CGNSINF");
    delay(200);
    String response = "";
    while (gsmSerial.available())
    {
        response += char(gsmSerial.read());
    }
    // Парсинг (простий)
    int idx = response.indexOf(",");
    if (idx > 0)
    {
        int latStart = response.indexOf(",", idx + 1);
        int latEnd = response.indexOf(",", latStart + 1);
        int lonEnd = response.indexOf(",", latEnd + 1);
        if (latStart > 0 && latEnd > 0 && lonEnd > 0)
        {
            gpsLat = response.substring(latStart + 1, latEnd);
            gpsLon = response.substring(latEnd + 1, lonEnd);
        }
    }
    // Відправка у Blynk
    Blynk.virtualWrite(V4, gpsLat);
    Blynk.virtualWrite(V5, gpsLon);
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг підпрограми `readGPS()`

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

На початковому етапі роботи підпрограми формується запит до GNSS-підсистеми GSM-модуля шляхом надсилання AT-команди. Зокрема, використовується команда отримання навігаційної інформації, яка повертає структурований рядок із параметрами позиціонування, включаючи широту та довготу. Після надсилання команди виконується коротка затримка, необхідна для того, щоб модуль встиг сформувати відповідь.

Далі реалізується зчитування отриманих даних із послідовного інтерфейсу. Відповідь GNSS-модуля надходить у вигляді текстового рядка, який посимвольно накопичується у змінній. Такий підхід дозволяє зібрати повний пакет даних для подальшої обробки. Враховуючи, що формат відповіді є стандартизованим, інформація в ньому представлена у вигляді послідовності полів, розділених комами.

Наступним етапом є обробка отриманого рядка, яка полягає у виділенні значень широти та довготи. У реалізації використовується спрощений метод парсингу, що базується на пошуку позицій розділювачів (ком). За допомогою визначення індексів відповідних символів виконується вилучення підрядків, які містять координати. Отримані значення записуються у відповідні змінні, що зберігають актуальні координати пристрою.

Після успішного виділення координат виконується їх передача на IoT-платформу. Значення широти та довготи надсилаються на визначені віртуальні канали, що дозволяє відображати місцезнаходження користувача у віддаленому інтерфейсі моніторингу. Це є важливою складовою функціонування системи, особливо в контексті реагування на аварійні ситуації, коли необхідно оперативно визначити координати події.

3.3 Налаштування хмарної IoT платформи Vlynk для роботи системи

Для реалізації віддаленого моніторингу та взаємодії з системою для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу було використано хмарну IoT платформу Vlynk, яка забезпечує зручні

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засоби обміну даними між мікроконтролерними пристроями та мобільними або вебінтерфейсами користувача. Основною перевагою даної платформи є наявність готової інфраструктури для передачі телеметричних даних, відображення інформації у вигляді графічних елементів інтерфейсу та створення системи сповіщень про аварійні події. У межах виконання кваліфікаційної роботи було здійснено налаштування відповідного проєкту на платформі Blynk та забезпечено його інтеграцію з мікроконтролерним модулем ESP32-S3.

На початковому етапі було створено новий IoT-проєкт у середовищі Blynk Console. Під час створення шаблону пристрою було визначено тип апаратної платформи, яка використовувалася у системі, а саме мікроконтролер сімейства ESP32. Після цього було сформовано шаблон пристрою, що містив основні параметри майбутньої системи, зокрема унікальний ідентифікатор шаблону (Template ID), назву шаблону та ключ авторизації (Auth Token). Ці параметри надалі використовувалися у програмному коді мікроконтролера для встановлення з'єднання з сервером Blynk.

Після створення шаблону пристрою було виконано налаштування структури обміну даними між апаратною частиною системи та хмарною платформою. Для цього було визначено набір віртуальних каналів (Virtual Pins), які використовувалися для обміну інформацією. Зокрема було створено такі канали:

- канал для передавання значення прискорення, отриманого з акселерометра ADXL345;
- канали для передавання відстані, виміряної лівим і правим лазерними давачами VL53L0X;
- канал для передавання службових повідомлень про стан системи;
- канал для відображення координат, отриманих із GNSS-модуля мікроконтролерної плати.

Для кожного з каналів було визначено тип даних, частоту оновлення та спосіб відображення інформації в користувацькому інтерфейсі.

Наступним етапом було створення графічного інтерфейсу користувача у мобільному додатку Blynk. У середовищі Blynk Mobile було сформовано

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						46
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

інформаційну панель, яка містила кілька віджетів для відображення даних системи. Зокрема було використано віджет типу Gauge для відображення поточного значення прискорення, що дозволяє контролювати динамічні параметри руху транспортного засобу. Для відображення даних про відстань до перешкод було використано два віджети типу Value Display, які показують значення, отримані від двох лазерних сенсорів відстані. Крім того, для відображення координат місцезнаходження було використано віджет типу Map, який дозволяє візуалізувати поточне розташування водія на карті (рис. 3.7).

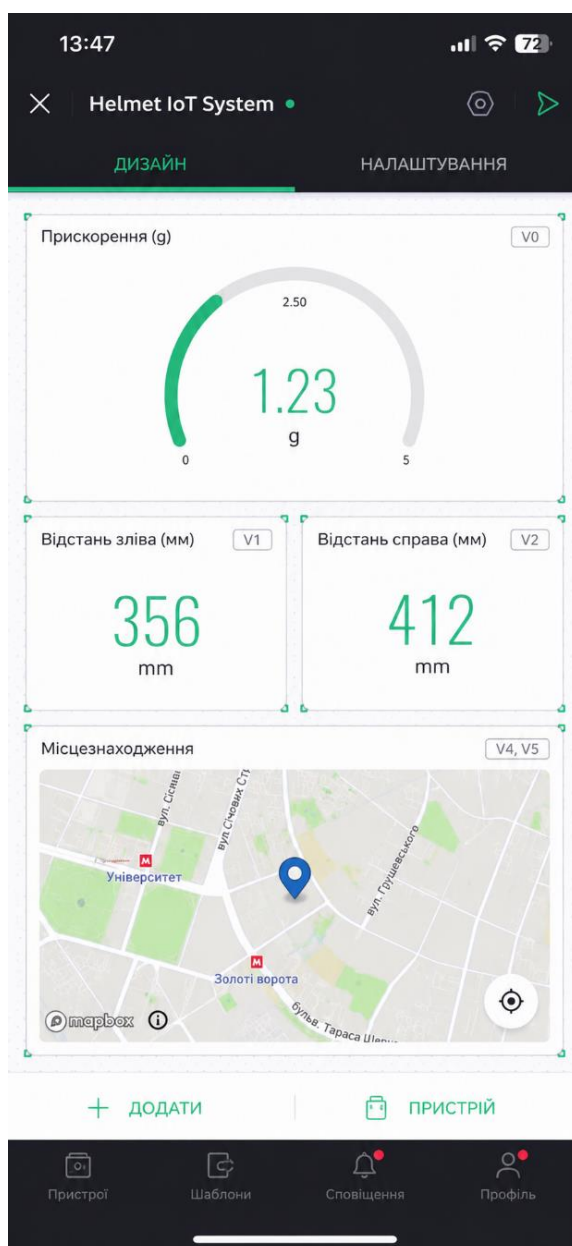


Рисунок 3.7 – Процес налаштування пристрою в Blynk

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрему увагу приділено налаштуванню системи сповіщень про аварійні ситуації. У середовищі Blynk Console було створено спеціальну подію (Event), яка активується у випадку виявлення аварійної ситуації, наприклад різкого перевищення порогового значення прискорення. Для цієї події було налаштовано автоматичне надсилання push-повідомлення на мобільний пристрій користувача. Таким чином, у разі потенційної аварії або падіння водія система автоматично надсилала відповідне попередження через інфраструктуру Blynk.

Після завершення налаштування інтерфейсу та каналів обміну даними було виконано інтеграцію хмарної платформи з програмним забезпеченням мікроконтролера. Для цього у програмному коді було використано офіційну бібліотеку Blynk для платформи ESP32. У коді було вказано ідентифікатор шаблону, назву пристрою, а також ключ авторизації, що дозволило встановити захищене з'єднання між пристроєм та сервером Blynk через мережу Wi-Fi або мобільний інтернет. Після запуску системи мікроконтролер автоматично підключався до хмарного сервера та починав передавати телеметричні дані у відповідні віртуальні канали.

На завершальному етапі проведено перевірку коректності функціонування інтегрованої системи. Під час тестування було підтверджено, що дані з сенсорів успішно передаються на сервер Blynk та відображаються у мобільному інтерфейсі користувача. Також було перевірено роботу механізму сповіщень, який коректно реагував на виникнення аварійних ситуацій та надсилав відповідні повідомлення користувачу. Отримані результати підтвердили ефективність використання платформи Blynk для реалізації функцій віддаленого моніторингу та взаємодії з IoT-системою для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу.

3.4 Моделювання системи

На етапі перевірки працездатності розробленої IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу було виконано її моделювання. Моделювання дозволило попередньо перевірити

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

правильність побудови електричної схеми, взаємодію між компонентами та коректність роботи алгоритму керування.

Першим етапом дослідження було створення моделі системи у середовищі Circuit Designer, яке призначене для проєктування електронних схем та перевірки їх функціонування. У цьому середовищі було створено структурну модель системи, яка включала мікроконтролерний модуль ESP32-S3 із вбудованими комунікаційними модулями, акселерометр ADXL345, два датчі відстані VL53L0X, звуковий сигналізатор (бузер), кнопку керування, світлодіодний індикатор із струмообмежувальним резистором та джерело живлення на основі літій-іонного акумулятора типу 18650. Під час моделювання було відтворено всі електричні з'єднання між компонентами відповідно до розробленої принципової схеми (рис. 3.8).

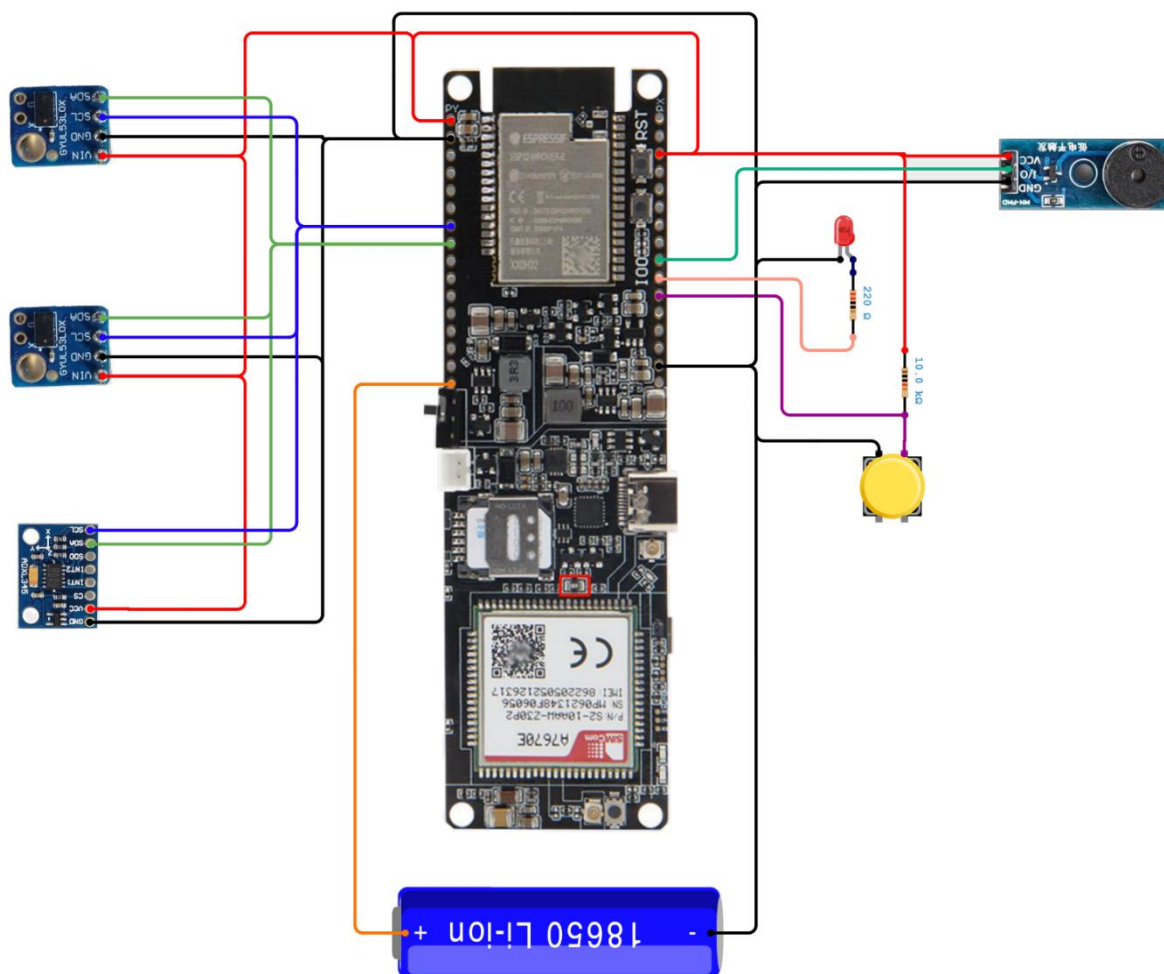


Рисунок 3.8 – Модель системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Після побудови моделі було виконано перевірку правильності конфігурації з'єднань та електричних параметрів. У процесі моделювання перевірялося коректне живлення всіх компонентів та відповідність рівнів сигналів. Також було проаналізовано роботу допоміжних елементів системи, зокрема індикаторного світлодіода, який сигналізує про стан роботи системи, та кнопки керування. Моделювання підтвердило відсутність конфліктів у роботі периферійних модулів та коректність побудови апаратної частини системи.

Наступним етапом моделювання стало тестування алгоритму роботи системи. Для цього у середовище моделювання було інтегровано програмний код мікроконтролера, який реалізує зчитування даних із сенсорів, аналіз отриманої інформації та формування відповідних реакцій системи. Було перевірено процес ініціалізації давачів після запуску мікроконтролера, періодичне опитування акселерометра для визначення прискорень та нахилу шолома, а також зчитування даних із давачів відстані для виявлення перешкод у мертвих зонах. У разі фіксації небезпечної ситуації алгоритм активував звуковий сигнал через буюер та формував повідомлення для передачі на IoT-платформу.

Під час моделювання також було протестовано сценарій аварійної ситуації, який передбачає різку зміну прискорення або положення шолома, що може свідчити про падіння водія або зіткнення. У такому випадку алгоритм формує сигнал тривоги та передає відповідні дані на віддалений сервер через комунікаційний модуль. Результати моделювання показали, що система коректно реагує на зміну показників сенсорів та здатна своєчасно формувати попереджувальні сигнали.

Загалом результати моделювання підтвердили працездатність розробленої IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу. Система продемонструвала здатність ефективно виявляти небезпечні ситуації, попереджати водія про наявність перешкод та передавати інформацію на віддалену платформу.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Долікарська допомога при ушкодженні м'яких тканин, суглобів і кісток

Ушкодження м'яких тканин, суглобів та кісток є поширеними серед травматичних ситуацій, які виникають як у побутових умовах, так і під час дорожньо-транспортних пригод, занять спортом чи виконання виробничих обов'язків. До таких травм належать забої, розтягнення, вивихи, переломи та розриви зв'язок. Ефективне надання долікарської допомоги при вказаних ушкодженнях є вирішальним чинником зменшення ймовірності ускладнень, полегшення стану постраждалого та скорочення часу реабілітації.

Пошкодження м'яких тканин охоплюють травми шкіри, підшкірної клітковини, м'язів, сухожиль та зв'язок. Найбільш типовими є забої та розтягнення, які супроводжуються болем, набряком, гематомами, обмеженням рухів у ділянці ушкодження. Основною метою долікарської допомоги при таких травмах є зниження больового синдрому, попередження подальших пошкоджень та забезпечення іммобілізації. Стандартна послідовність дій включає охолодження (аплікація холоду на 15–20 хвилин), створення компресії (накладання еластичного бинта), підняття ушкодженої кінцівки вище рівня серця, а також знерухомлення ураженої ділянки.

Вивихи — це порушення анатомічної цілісності суглоба з роз'єднанням його поверхонь. Найчастіше вивихи виникають у плечовому, ліктьовому, пальцевому та кульшовому суглобах. Клінічними проявами є різкий біль, вимушене положення кінцівки, деформація суглоба, набряк. Категорично заборонено самостійно вправляти суглоб, оскільки це може призвести до пошкодження судин і нервів. Долікарська допомога полягає у фіксації суглоба в тому положенні, в якому він перебуває після травми, з наступним охолодженням ураженої ділянки.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Кіняк Д.А.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Луцук Н.С.</i>					<i>51</i>	<i>5</i>
<i>Консульт.</i>		<i>Сенчишин В.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Постраждалого необхідно транспортувати до лікувального закладу якомога швидше [32].

Переломи кісток можуть бути відкритими (з порушенням цілісності шкіри) або закритими. Симптомами перелому є біль, патологічна рухливість, деформація, набряк, порушення функції кінцівки, а при відкритому — наявність рани з кістковими уламками. Долікарська допомога при переломах передбачає іммобілізацію ушкодженої ділянки за допомогою шин (стандартних або імпровізованих). Потрібно забезпечити фіксацію не лише місця перелому, а й сусідніх суглобів. При відкритому переломі спочатку необхідно зупинити кровотечу (накладанням пов'язки або джгута), обробити рану антисептиком, після чого здійснити іммобілізацію.

У разі ушкодження суглобів або кісток забезпечити повний спокій травмованій ділянці. Постійно моніторити стан постраждалого, зокрема свідомість, дихання, пульс. При різкому погіршенні загального стану (втрата свідомості, ознаки шоку) — надати базову реанімаційну допомогу до прибуття медичного персоналу. Особливу увагу слід приділяти профілактиці гіпотермії у холодну пору року та правильному транспортуванню постраждалих, уникаючи додаткових ушкоджень [32].

Знання базових принципів долікарської допомоги є складовою загальної безпеки життєдіяльності громадян. Навички правильного застосування засобів першої допомоги, таких як еластичні бинти, іммобілізаційні шини, холодові компреси та антисептики, мають практичне значення у надзвичайних ситуаціях. Водночас необхідно враховувати індивідуальні особливості постраждалого (вік, хронічні хвороби, алергічні реакції), щоб уникнути погіршення стану через необережні дії.

Працівники, які використовуватимуть систему для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу, повинні дотримуватися вимог щодо надання долікарської допомоги при ушкодженні м'яких тканин, суглобів і кісток.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Надзвичайні ситуації при експлуатації транспортних засобів

Наявність в Україні розвиненої мережі транспортних комунікацій, перевезення ними у великій кількості потенційно небезпечних речовин, стан самих комунікацій і транспортних засобів часто стають загрозливими для населення, економіки та природного середовища. Щорічно в Україні транспортом загального користування перевозиться понад 900 млн. вантажів (у тому числі небезпечних) і понад 3,0 млрд. пасажирів.

На залізничний транспорт припадає близько половини вантажних перевезень, на автомобільний – 26 %, річковий і морський – 14 %, авіаційний – 10 %. Зношення основних фондів залізничного транспорту є основною причиною аварій і катастроф. Особливу тривогу викликає критичний стан під'їзних залізничних колій, якими транспортуються сильнодіючі отруйні речовини, пожежо- та вибухонебезпечні речовини. На автомобільному транспорті щодня відбувається 95-100 ДТП, в яких гине 18-20 і травмується понад 100 пасажирів. Автотранспорт є джерелом істотного атмосферного повітря, особливо у великих містах [33].

Експлуатація транспортних засобів завжди супроводжується ризиком виникнення надзвичайних ситуацій, які можуть призвести до травмування людей, матеріальних збитків та екологічних наслідків. Аналіз причин таких ситуацій та розробка заходів безпеки є важливими для зменшення аварійності та підвищення рівня охорони праці.

Причини НС на транспорті можна умовно розділити на технічні, людські та зовнішні фактори. До технічних причин належать відмова гальмівної системи, рульового управління або інших критичних вузлів, несправність шин, що може призвести до втрати керуваності, а також відмови електронних систем безпеки (ABS, ESP). Недостатнє технічне обслуговування транспортного засобу також є значним ризиком [33].

Людський фактор відіграє ключову роль у виникненні ДТП. Порушення правил дорожнього руху, перевищення швидкості, проїзд на червоне світло, втома та сонливість водія, вживання алкоголю або наркотичних речовин перед

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керуванням, а також недостатній рівень підготовки водія значно підвищують ризик аварій.

Зовнішні фактори також можуть спричинити НС. До них належать небезпечні погодні умови (ожеледиця, туман, сильний дощ), поганий стан дорожнього покриття (ями, відсутність розмітки), недостатнє освітлення дороги в нічний час, а також несподівані перешкоди (тварини, пішоходи, інші транспортні засоби).

Заходи безпеки при виникненні аварійної ситуації чи аварії на автомобільному транспорті [34]:

- зберігати самовладання, управляти машиною до останньої можливості;
- не залишати машину до її зупинки, дослідження показують, що в цьому випадку шансів вижити у 10 разів більше;
- зробити все, щоб уникнути зустрічного удару: кювет, паркан, чагарник, навіть дерево;
- якщо немає іншої можливості, перевести зустрічний удар в ковзний бічний.

Коли удар не зупинити, найголовніше – перешкоджати своєму переміщенню вперед і захистити голову. Для цього ногами впертися в підлогу, руками, напружуючи всі м'язи, в кермо, голову нахилити вперед, між рук.

Водій повинен «застигнути» за кермом, намагаючись при цьому пом'якшити майбутнє зіткнення. Пасажир повинен закрити голову руками і завалитися на бік, притиснувшись до сидіння – це дозволить уникнути травм від удару об тверді предмети. Пасажири, які знаходяться на задньому сидінні, повинні постаратися впасти на підлогу.

Якщо з вами поруч дитина, її потрібно міцно притиснути, закрити собою і так само впасти на бік. Найбільш небезпечне місце для пасажирів – переднє сидіння, тому ПДР забороняють перебувати там дітям до 14 років.

Після того, як удар стався, насамперед треба визначитися, де, в якому місці автомобіля і в якому положенні ви знаходитесь, чи не горить, чи не підтікає бензин (особливо при перекиданні). Залежно від ситуації рухайтесь до виходу через двері

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або вікно. Якщо двері відразу не відкрилися, намагатися натискати на них, швидше за все, це безглуздо, вони заклинені, і треба, відкривати або розбивати вікна.

Щоб мінімізувати ризики НС при експлуатації транспортних засобів, необхідно дотримуватися таких заходів [34]:

- регулярне технічне обслуговування автомобіля, перевірка гальм, шин, освітлення та інших систем;
- дотримання правил дорожнього руху, особливо в умовах поганої видимості або складних погодних умов;
- контроль стану водія перед поїздкою, уникнення керування у стані втоми, стресу або після вживання алкоголю;
- навчання водіїв діям у критичних ситуаціях (екстрене гальмування, маневрування);
- використання пасивних засобів безпеки (ремені безпеки, подушки безпеки, дитячі крісла);
- покращення інфраструктури, зокрема якісне дорожнє покриття, належне освітлення, встановлення попереджувальних знаків.

Працівники, які використовуватимуть систему для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу, повинні дотримуватися правил дорожнього руху та регулярно здійснювати технічний контроль стану транспортного засобу.

					<i>КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено IoT-систему для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу, яка поєднує функції моніторингу параметрів руху, виявлення небезпечних ситуацій та дистанційного інформування користувача. Реалізована система дозволяє підвищити рівень безпеки водія шляхом своєчасного виявлення потенційних загроз і автоматичного реагування на аварійні події.

Проаналізовано предметну область та технічне завдання, визначено основні вимоги до проєктованої системи, а також досліджено сфери застосування IoT-технологій у системах активної безпеки транспортних засобів.

Виконано огляд існуючих аналогів та засобів реалізації подібних систем, у результаті чого встановлено їхні основні переваги та недоліки, що дозволило обґрунтувати вибір структури та функціональних можливостей проєктованої системи.

Розроблено структуру комп'ютеризованої системи, сформовано електричну принципову схему та обґрунтовано вибір елементної бази. Для реалізації системи обрано мікроконтролерний модуль Waveshare ESP32-S3 SIM7670G, акселерометр ADXL345, лазерні давачі відстані VL53L0X, засоби світлової та звукової сигналізації, а також акумуляторне живлення. Використання GSM/GNSS-модуля та IoT-платформи забезпечило можливість дистанційного моніторингу та передавання координат у разі аварійної ситуації.

Описано алгоритм функціонування системи та створено ПЗ для мікроконтролера ESP32-S3. Реалізовано функції зчитування та обробки даних сенсорів, визначення небезпечних ситуацій, попередження про перешкоди, надсилання аварійних повідомлень і GPS-координат через GSM-мережу, а також передачу телеметричних даних на IoT-платформу Blynk. Проведене моделювання підтвердило працездатність системи та коректність реалізації основних функцій.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rasli M.K., Madzhi N.K., Johari J. Smart helmet with sensors for accident prevention. In 2013 International conference on electrical, electronics and system engineering (ICEESE), 2013. P. 21-26.
2. Jeong S.S., Jeong W.W., Kim M.S. A study on A smart firefighting helmet capable of video/audio transmission based on the firefighting standard disaster system. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 2021. Vol. 12, No. 6. P. 493-497.
3. Tamilarasi M., Chitra S., Barathkumar N., Bhuvanesh S., Dhineshwaran C. Smart helmet with transparent display. In 2024 4th International Conference on Intelligent Technologies (CONIT). 2024. P. 1-7.
4. 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.
5. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
6. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018. 740 с.
7. Lupenko S., Lutsyk N., Yasniy O., Sobaszek Ł. Statistical analysis of human heart rhythm with increased informativeness. Acta mechanica et automatic. 2018. Vol. 12. P. 311-315.
8. Shabliy N., Lupenko S., Lutsyk N., Yasniy O., Malyshevskaya O. Keystroke dynamics analysis using machine learning methods. Applied Computer Science. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 75-83.
9. Velychko D., Osukhivska H., Palaniza Y., Lutsyk N., Sobaszek L. Artificial Intelligence Based Emergency Identification Computer System. Advances in Science and Technology Research Journal, 18 no. 2, 2024, P. 296-304.
10. Zozulia A., Lytvynenko I., Lutsyk N., Lupenko S., Yasniy O. Method of vector rhythmcardiosignal automatic generation in computer-based systems of heart rhythm analysis. Visnyk of TNTU. 2020. Vol. 97, P. 122-132.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. 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.

12. Palamar M., Yavorska M., Palamar A., Strembitskyi M. Modeling and Research of Satellite Antenna Adjustment Process for Earth Remote Sensing. 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kharkiv, Ukraine, November 14-18, 2022. P. 317-320.

13. 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.

14. Strembitskyi M., Yavorska M., Palamar A., Kochan R., Yeromenko V. A comparative study of bug algorithms for robot navigation. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2025), Ternopil, Ukraine, June 11-12, 2025. Vol. 4057 P. 312-321.

15. Yasniy O., Lutsyk N., Demchyk V., Osukhivska H., Malyshevska O. The prediction of structural properties of Ni-Ti shape memory alloy by the supervised machine learning methods. 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. 73–78.

16. 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.

17. 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.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. 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.

19. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 120.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

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. 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.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. 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.

26. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Palamar A., Karpinskyy M., Vodovozov V. Design and Implementation of a Digital Control and Monitoring System for an AC/DC UPS. 7th International Conference-Workshop «Compatibility and Power Electronics» (CPE 2011), June 1-3, 2011. P. 173–177.

31. 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.

32. Сокурєнко В.В., Бандурка О.М. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підруч. Харків : ХНУВС, 2021. 308 с.

33. Яремко З.М. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Ів. Франка, 2017. 301 с.

34. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці : навч. посіб. 4-те вид. випр. і доп. Київ : Знання, 2018. 302 с.

					КС КРБ 123.168.00.00 ПЗ	Арк.
						60
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 кафедру КС

_____ Осухівська Г.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

ІОТ-СИСТЕМА ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙНИМ СИТУАЦІЯМ ПРИ
ВИКОРИСТАННІ ДВОКОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 8 листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ PhD Луцик Н.С.

“ 2 ” лютого 2026 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-41

_____ Кіняк Д.А.

“ 2 ” лютого 2026 р.

Тернопіль 2026

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «IoT-система для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.168.00.00.

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Кіняк Дмитро Анатолійович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/9-188 від «24» квітня 2026 року.

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 26.01.2026 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 21.06.2026 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 IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проєктування є групи діючих стандартів ДСТУ, ISO, ЄСКД та ЕСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютеризована система для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу шляхом моніторингу стану руху, положення шолома, динамічних параметрів та інших факторів, що можуть призвести до аварії. Система повинна забезпечувати своєчасне виявлення потенційно небезпечних станів і надання відповідних попереджень водієві, а також можливість передавання даних для подальшого аналізу.

2.2 Мета створення системи

Метою створення системи є розроблення функціонально завершеного апаратно-програмного комплексу, інтегрованого в захисний шолом, який здатний працювати в реальному часі, здійснювати обробку даних від сенсорів,

формувати сигнали попередження та забезпечувати дистанційний моніторинг через IoT-платформу. Досягнення поставленої мети має сприяти зниженню ризику дорожньо-транспортних пригод та підвищенню загального рівня безпеки експлуатації двоколісного транспорту.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом, з яким взаємодіє система, є водій двоколісного транспортного засобу та процес керування транспортним засобом у реальних дорожніх умовах. Система експлуатується в умовах впливу зовнішніх факторів, таких як вібрації, зміни температури, вологості, пилу та механічних навантажень. Захисний шолом розглядається як носій апаратних компонентів, що накладає обмеження на масу, габарити та енергоспоживання системи.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Система повинна являти собою автономний вбудований пристрій з можливістю бездротового обміну даними, що забезпечує безперервну роботу під час руху транспортного засобу. Вона має бути безпечною для користувача, енергоефективною та придатною для тривалої експлуатації без значного технічного обслуговування. Конструкція системи не повинна погіршувати захисні властивості шолома та комфорт водія.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура системи повинна включати мікроконтролерний модуль, набір сенсорів, модуль бездротового зв'язку, блок живлення та засоби індикації або оповіщення. Функціонування системи має бути організоване за принципом

циклічного збору та обробки даних з подальшим прийняттям рішень відповідно до заданого алгоритму. Програмна частина повинна забезпечувати коректну взаємодію між усіма апаратними компонентами та стабільну роботу в реальному часі.

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

Обмін даними між внутрішніми компонентами системи має здійснюватися з використанням стандартних інтерфейсів, таких як I2C, SPI або UART. Для передавання даних на зовнішні пристрої чи IoT-платформу повинні використовуватися бездротові технології, зокрема Wi-Fi або Bluetooth. Зв'язок має бути надійним, захищеним від збоїв та забезпечувати мінімальні затримки під час передавання інформації.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна підтримувати кілька режимів роботи, зокрема:

- режим ініціалізації та самодіагностики;
- основний робочий режим під час руху транспортного засобу;
- сервісний режим для налаштування та оновлення програмного забезпечення.

Перемикання між режимами має здійснюватися автоматично або за участю користувача без порушення стабільності роботи системи.

3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Архітектура системи повинна передбачати можливість подальшого розширення функціональності шляхом додавання нових сенсорів, алгоритмів обробки даних або інтеграції з іншими інформаційними системами. Програмне

забезпечення має бути модульним, що дозволяє здійснювати оновлення та модернізацію без повної переробки системи.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна забезпечувати стабільну роботу протягом усього часу експлуатації за умови дотримання правил використання. Вона має бути стійкою до короткочасних збоїв живлення, перешкод у каналах зв'язку та механічних впливів. У разі виникнення несправностей система повинна переходити в безпечний стан або інформувати користувача про помилки.

Показники надійності IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,9 %.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Система повинна виконувати такі основні функції:

- збір даних з сенсорних модулів;
- аналіз отриманої інформації відповідно до заданих алгоритмів;
- виявлення потенційно небезпечних або аварійних ситуацій;
- формування сигналів попередження для водія;
- передавання даних на IoT-платформу для збереження та моніторингу.

Реалізовані функції мають забезпечувати роботу системи в реальному часі з необхідною точністю та швидкодією.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення системи повинно базуватися на сучасному мікроконтролері з достатнім обсягом пам'яті та обчислювальних ресурсів.

Сенсорні модулі мають забезпечувати точні та стабільні вимірювання, а всі компоненти повинні бути сумісними між собою за електричними та логічними параметрами. Система живлення має гарантувати автономну роботу протягом тривалого часу без частого підзарядження.

Вимоги до елементної бази розробки:

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

Вимоги до мікроконтролера:

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

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

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

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

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	26.01 – 02.02
2.	Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання	03.02 – 15.02
3.	Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютерної системи	20.04 – 25.04
4.	Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютерної системи	26.04 – 05.05
5.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	07.05 – 25.05
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	26.05 – 07.06
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	08.06 – 14.06
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	15.06 – 21.06
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	23.06.2026

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 для реалізації IoT-системи для запобігання аварійним ситуаціям при використанні двоколісного транспортного засобу.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_ADXL345_U.h>
#include <VL53L0X.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#define BUZZER_PIN 25
#define LED_PIN 26
#define BUTTON_PIN 27

#define RXD2 16
#define TXD2 17

char auth[] = "BLYNK_TOKEN";

Adafruit_ADXL345_Unified accel = Adafruit_ADXL345_Unified(12345);
VL53L0X sensorLeft;
VL53L0X sensorRight;

BlynkTimer timer;

float obstacleThreshold = 500; // мм
float crashThreshold = 25.0;

bool crashDetected = false;

String gpsLat = "0";
String gpsLon = "0";

HardwareSerial gsmSerial(2);

// ----- SETUP -----
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  gsmSerial.begin(115200, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);

  Wire.begin();

  accel.begin();
```

```

sensorLeft.init();
sensorRight.init();

pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);

// Ініціалізація GNSS
gsmSerial.println("AT+CGNSPWR=1");
delay(1000);

Blynk.begin(auth, "WIFI", "PASS");

timer.setInterval(1000L, readSensors);
timer.setInterval(200L, checkButton);
timer.setInterval(5000L, readGPS); // GPS кожні 5 сек
}

// ----- LOOP -----
void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run();
}

// ----- SENSORS -----
void readSensors()
{
  sensors_event_t event;
  accel.getEvent(&event);

  float totalAccel = sqrt(
    event.acceleration.x * event.acceleration.x +
    event.acceleration.y * event.acceleration.y +
    event.acceleration.z * event.acceleration.z
  );

  int distanceLeft = sensorLeft.readRangeSingleMillimeters();
  int distanceRight = sensorRight.readRangeSingleMillimeters();

  Blynk.virtualWrite(V0, totalAccel);
  Blynk.virtualWrite(V1, distanceLeft);
  Blynk.virtualWrite(V2, distanceRight);

  // Перешкода
  if (distanceLeft < obstacleThreshold || distanceRight <
  obstacleThreshold)
  {
    tone(BUZZER_PIN, 2000, 200);
  }

  // Аварія
  if (totalAccel > crashThreshold && !crashDetected)

```

```

{
  crashDetected = true;

  Blynk.logEvent("crash_alert", "Accident detected!");

  String sms = "Accident detected!\n";
  sms += "Lat: " + gpsLat + "\n";
  sms += "Lon: " + gpsLon;

  sendSMS(sms);

  for (int i = 0; i < 5; i++)
  {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    tone(BUZZER_PIN, 3000);
    delay(200);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    noTone(BUZZER_PIN);
    delay(200);
  }
}

// ----- BUTTON -----
void checkButton()
{
  if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW)
  {
    crashDetected = false;
    noTone(BUZZER_PIN);
    Blynk.virtualWrite(V3, "Alarm cancelled");
  }
}

// ----- GPS -----
void readGPS()
{
  gsmSerial.println("AT+CGNSINF");
  delay(200);

  String response = "";
  while (gsmSerial.available())
  {
    response += char(gsmSerial.read());
  }

  // Парсинг (простий)
  int idx = response.indexOf(",");
  if (idx > 0)
  {
    int latStart = response.indexOf(",", idx + 1);
    int latEnd = response.indexOf(",", latStart + 1);
    int lonEnd = response.indexOf(",", latEnd + 1);
  }
}

```

```

    if (latStart > 0 && latEnd > 0 && lonEnd > 0)
    {
        gpsLat = response.substring(latStart + 1, latEnd);
        gpsLon = response.substring(latEnd + 1, lonEnd);
    }
}

// Відправка у Blynk
Blynk.virtualWrite(V4, gpsLat);
Blynk.virtualWrite(V5, gpsLon);
}

// ----- SMS -----
void sendSMS(String message)
{
    gsmSerial.println("AT+CMGF=1");
    delay(100);
    gsmSerial.println("AT+CMGS=\"+380XXXXXXXXX\""); // номер
    delay(100);
    gsmSerial.print(message);
    delay(100);
    gsmSerial.write(26);
}

```