

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*бакалавр*

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютерна система дистанційного контролю технічного  
стану каналізаційних люків*

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

*Лазута А.М.*

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

*Паламар А.М.*

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

*Тих С.В.*

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

*Осухівська Г.М.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

*Стоянов Ю.М.*

(прізвище та ініціали)

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

«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 Лазуті Артуру Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2026 року № 4/9-189

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

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

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

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

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання системи



## АНОТАЦІЯ

Лазута А.М. Комп'ютерна система дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків : робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026.

Ключові слова: Інтернет речей, каналізаційні люки, дистанційний моніторинг, комп'ютерна система, сенсори, бездротовий зв'язок.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків на основі технологій Інтернет речей. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки міської інфраструктури, своєчасного виявлення аварійних ситуацій та зменшення витрат на експлуатаційне обслуговування інженерних мереж.

У першому розділі проаналізовано технічне завдання на розроблення системи, визначено основні проблеми існуючих підходів до контролю стану каналізаційних люків, сформульовано функціональні та експлуатаційні вимоги до комп'ютерної системи. Також проведено огляд і порівняльний аналіз сучасних аналогів та існуючих IoT-рішень у сфері моніторингу об'єктів міської інфраструктури.

Другий розділ присвячено проектуванню апаратного забезпечення системи. Розроблено структурну схему та електричну принципову схему пристрою, а також обґрунтовано вибір елементної бази, зокрема мікроконтролера, сенсорів і модулів бездротового зв'язку.

У третьому розділі розроблено алгоритм функціонування системи, створено програмне забезпечення для вбудованого пристрою, виконано інтеграцію з IoT-платформою для передавання та візуалізації даних. Проведено тестування розробленої системи та проаналізовано отримані результати, що підтверджують працездатність і доцільність запропонованого рішення.

## ANNOTATION

Lazuta A.M. Computer System for Remote Monitoring of the Technical Condition of Sewer Manholes. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2026.

Keywords: Internet of Things, manhole covers, remote monitoring, computer system, sensors, wireless communication.

The qualification work is devoted to the development of a computer system for remote monitoring of the technical condition of sewer manholes. The relevance of the research is determined by the need to improve the safety of urban infrastructure, ensure timely detection of hazardous situations, and reduce maintenance costs of engineering networks.

The first chapter analyzes the technical requirements for the system development, identifies key challenges of existing approaches to monitoring manhole covers, and formulates functional and operational requirements for the computerized system. A review and comparative analysis of existing analogs and modern IoT-based solutions for urban infrastructure monitoring are also presented.

The second chapter focuses on the design of the hardware component of the system. A structural diagram and an electrical schematic diagram of the device are developed, and the selection of the element base, including the microcontroller, sensors, and wireless communication modules, is substantiated.

The third chapter presents the development of the system operation algorithm and embedded software. Integration with an IoT platform for data transmission and visualization is performed. The developed system is tested, and the obtained results are analyzed, confirming the functionality and effectiveness of the proposed solution.

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків .....	10
1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків .....	11
1.3 Огляд існуючих засобів для контролю технічного стану каналізаційних люків .....	12
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	17
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА .....	19
2.1 Структура системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків .....	19
2.2 Апаратне забезпечення системи контролю технічного стану каналізаційних люків .....	21
2.2.1 Мікроконтролерний модуль NodeMCU .....	21
2.2.2 Акселерометр ADXL345.....	24
2.2.3 Давач нахилу та вібрації SW-520D.....	27
2.2.4 Магнітний давач відкриття KY-025 .....	30
2.2.5 GSM модуль SIM800L .....	33
2.3 Електрична принципова схема пристрою.....	36
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	38
3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків .....	38
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	41
3.2.1 Ініціалізація апаратних модулів та налаштування мережевої взаємодії .....	41

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Лазута А.М.				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів	Паламар А.М.					5	78
Рецензент	Стоянов Ю.М.				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41</i>		
Н. Контр.	Тиш Е.В.						
Зав. каф.	Осухівська Г.М.						
					<i>Комп'ютерна система дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків</i>		

3.2.2 Основний цикл обробки даних та реагування на події системи .....	42
3.2.3 Реалізація GSM-зв'язку та передавання даних через HTTP-запити .....	44
3.2.4 Обробка даних акселерометра та обчислення кутів нахилу .....	46
3.2.5 Інтегрована перевірка стану сенсорів та формування ознаки тривоги .....	47
3.3 Налаштування хмарної IoT платформи Thinger.io для реалізації системи дистанційного контролю каналізаційних люків .....	48
3.4 Результати моделювання та тестування системи .....	51
<b>РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....</b>	<b>54</b>
4.1 Долікарська допомога при переломах .....	54
4.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом .....	57
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>60</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>61</b>
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг програми	

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

API – Application Programming Interface

GPRS – General Packet Radio Service

GSM – Global System for Mobile Communications

IoT – Internet of Things

SIM – Subscriber Identity Module

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

ГК – герконовий контакт

ДВ – давач вібрації

ДН – давач нахилу

ДТСЛ – дистанційний технічний стан люка

СДКЛ – система дистанційного контролю люків

ТС – технічний стан

ЦОС – цифрова обробка сигналів

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасний розвиток міської інфраструктури супроводжується зростанням вимог до безпеки, надійності та ефективності експлуатації інженерних мереж. Одним із важливих елементів систем водовідведення є каналізаційні люки, технічний стан яких безпосередньо впливає на безпеку дорожнього руху, пішоходів, а також на безперебійну роботу комунальних служб. Пошкодження, зміщення, несанкціоноване відкриття або зникнення люків можуть призводити до аварійних ситуацій, матеріальних збитків і загрози життю людей.

На практиці контроль технічного стану каналізаційних люків здебільшого здійснюється шляхом періодичних візуальних оглядів, що є трудомістким, малоефективним та не забезпечує оперативного реагування на аварійні події. В умовах розбудови концепції «розумного міста» актуальним є впровадження автоматизованих і комп'ютерних систем дистанційного моніторингу з використанням сучасних інформаційних та телекомунікаційних технологій. Технології Інтернет речей (IoT) дають змогу організувати безперервний збір, передавання та обробку даних з віддалених об'єктів у реальному часі.

У зв'язку з цим актуальною є задача розроблення системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків на основі IoT-технологій, яка дозволить підвищити рівень безпеки міської інфраструктури, забезпечити оперативне виявлення несправностей і зменшити витрати на експлуатаційне обслуговування.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків на основі технологій Інтернет речей, яка забезпечує автоматизований збір, передавання та моніторинг даних з використанням вбудованих пристроїв і IoT-платформи.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати технічне завдання та визначити вимоги до комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків;

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконати огляд і аналіз існуючих аналогів та IoT-рішень у сфері моніторингу об'єктів міської інфраструктури;
- розробити структуру апаратного забезпечення системи та електричну принципову схему;
- обґрунтувати вибір елементної бази, зокрема мікроконтролера, сенсорів і модулів зв'язку;
- розробити алгоритм функціонування системи та програмне забезпечення для вбудованого пристрою;
- виконати інтеграцію розробленої системи з IoT-платформною;
- провести тестування системи та проаналізувати отримані результати.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 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 дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

У сучасних умовах розвитку міст і комунальної інфраструктури зростає потреба у впровадженні комп'ютерних систем дистанційного моніторингу об'єктів інженерних мереж. Однією з актуальних задач є забезпечення постійного контролю технічного стану каналізаційних люків, які є невід'ємною складовою систем водовідведення та водопостачання. Їх справний стан безпосередньо впливає на безпеку дорожнього руху, пішоходів, а також на надійність функціонування міських комунікацій.

Основною сферою застосування комп'ютерної системи дистанційного контролю є міська комунальна інфраструктура. У великих містах кількість каналізаційних люків обчислюється тисячами, що ускладнює їх регулярний ручний огляд. Використання автоматизованих IoT-систем дозволяє здійснювати безперервний моніторинг стану люків, оперативно виявляти відкриття, зміщення або пошкодження кришок та своєчасно інформувати відповідні служби про необхідність реагування. Це сприяє зменшенню кількості аварійних ситуацій і підвищенню рівня безпеки населення.

Важливою сферою застосування є дорожня інфраструктура та транспортні системи. Каналізаційні люки часто розташовані на проїзних частинах автомобільних доріг, де їх пошкодження або неправильне положення створює значну загрозу для транспортних засобів. Інтеграція системи дистанційного контролю з інформаційними системами дорожніх служб дозволяє швидко реагувати на небезпечні ситуації, планувати ремонтні роботи та зменшувати ризик виникнення ДТП.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Лазута А.М.</i>			<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Паламар А.М.</i>					<i>10</i>	<i>9</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Стоянов Ю.М.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

Ще однією перспективною сферою застосування є промислові та виробничі об'єкти, на території яких експлуатуються власні інженерні мережі. На таких об'єктах каналізаційні люки можуть розташовуватися в зонах підвищеної небезпеки або обмеженого доступу. Використання системи дистанційного контролю дає змогу зменшити потребу в присутності персоналу, підвищити рівень промислової безпеки та оптимізувати процеси технічного обслуговування.

Система також може застосовуватися у складі концепції «розумного міста», де вона інтегрується з іншими інформаційно-аналітичними платформами для управління міськими ресурсами. У такому випадку дані про технічний стан каналізаційних люків можуть використовуватися для формування аналітичних звітів, прогнозування зношення елементів інфраструктури та планування профілактичних заходів. Це дозволяє перейти від реактивного обслуговування до превентивного, що є важливою складовою сучасних міських систем управління.

Окрему увагу потрібно приділити застосуванню системи в умовах обмежених ресурсів, зокрема в невеликих населених пунктах або на віддалених територіях. Завдяки використанню енергоефективних мікроконтролерів і бездротових технологій зв'язку система може працювати автономно, забезпечуючи мінімальні експлуатаційні витрати і високу ефективність контролю.

Загалом, впровадження системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків дозволяє підвищити рівень безпеки, оптимізувати роботу комунальних і дорожніх служб, а також створює передумови для подальшого розвитку інтелектуальних систем управління міською інфраструктурою.

## 1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

Проектована комп'ютерна система насамперед повинна забезпечувати безперервний або періодичний моніторинг технічного стану каналізаційних люків у реальних умовах міського середовища. Це зумовлює вимоги до стабільності функціонування, стійкості до зовнішніх впливів і можливості тривалої автономної

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

роботи. Оскільки люки експлуатуються на відкритому просторі, система має коректно працювати за різних температурних режимів, підвищеної вологості, впливу пилу та механічних навантажень.

Важливою вимогою є надійність передавання даних між вбудованими пристроями та серверною частиною. Система повинна використовувати бездротові канали зв'язку, сумісні з концепцією Інтернет речей, які забезпечують достатню дальність дії, енергоефективність і мінімальні затримки. При цьому мають бути передбачені механізми обробки збоїв зв'язку, зокрема тимчасове збереження даних із подальшим їх передаванням після відновлення з'єднання.

З точки зору функціональності система повинна забезпечувати збір, обробку, зберігання та візуалізацію інформації про технічний стан каналізаційних люків. Користувач повинен мати можливість отримувати актуальні дані в зручному форматі через веб- або мобільний інтерфейс, а також отримувати сповіщення у разі виникнення нештатних або аварійних ситуацій. Це накладає вимоги до зручності інтерфейсу та доступності інформації.

Окрему увагу необхідно приділити вимогам до енергоефективності системи. Вбудовані пристрої повинні споживати мінімальну кількість електроенергії, оскільки часто працюють від автономних джерел живлення. Це потребує використання енергоощадних мікроконтролерів, оптимізованих алгоритмів роботи та спеціальних режимів енергозбереження.

Крім того, система має бути масштабованою та гнучкою до модернізації. Вимоги технічного завдання передбачають можливість підключення додаткових сенсорів, збільшення кількості контрольованих об'єктів і інтеграцію з іншими інформаційними системами.

### 1.3 Огляд існуючих засобів для контролю технічного стану каналізаційних люків

В умовах стрімкої урбанізації і розвитку концепції «розумного міста» моніторинг технічного стану елементів міської інфраструктури стає критично

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

важливою задачею. Однією з таких задач є контроль технічного стану каналізаційних люків – компонентів, які безпосередньо впливають на безпеку руху, пішоходів та експлуатацію мереж водовідведення. Станом на сьогодні ринок пропонує декілька типових рішень, що охоплюють технології від базових датчиків відкриття до складних IoT-систем з централізованим моніторингом. Аналіз цих засобів дозволяє виділити їхні переваги, а також обмеження та недоліки, що мають значення для проєктування нової комп'ютерної системи.

Першою категорією сучасних рішень є комерційні IoT-системи моніторингу стану люків, які пропонують комплексне обладнання та програмне забезпечення для реального часу [1]. Наприклад, WANWAVE пропонує рішення з бездротовими сенсорами встановленими на кришках каналізаційних люків із IP67-сертифікацією для стійкості до погодних умов і передачі даних через спеціальні IoT-шлюзи до центральної системи моніторингу, що дозволяє виявляти відкриття або зміщення люків та своєчасно сповіщати операторів про аварійні ситуації. Такі системи інтегруються з IoT-інфраструктурою міста та забезпечують аналіз даних і візуалізацію в хмарі, що є важливою складовою для великих міст (рис. 1.1).

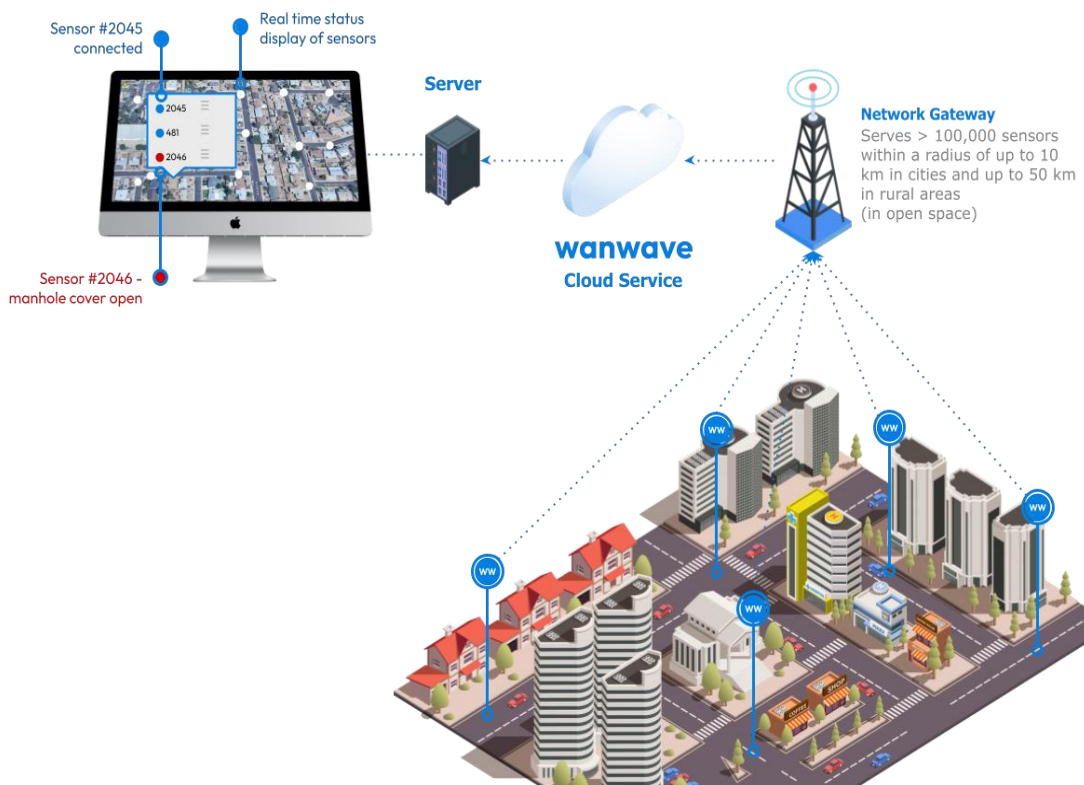


Рисунок 1.1 – Система моніторингу стану кришок люків WANWAVE

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Подібні рішення пропонують такі компанії, як WiiHeu та інші виробники IoT-давачів, які використовують різні LPWAN-протоколи, наприклад NB-IoT, для передачі даних про стан кришок, включаючи функції моніторингу відкриття, нахилу та детекції несанкціонованого доступу [2]. Ці системи зазвичай підтримують широкі можливості налаштування та інтеграцію з хмарними платформами, включаючи GIS-дешборди для візуалізації просторових даних та статистичних показників (рис. 1.2).

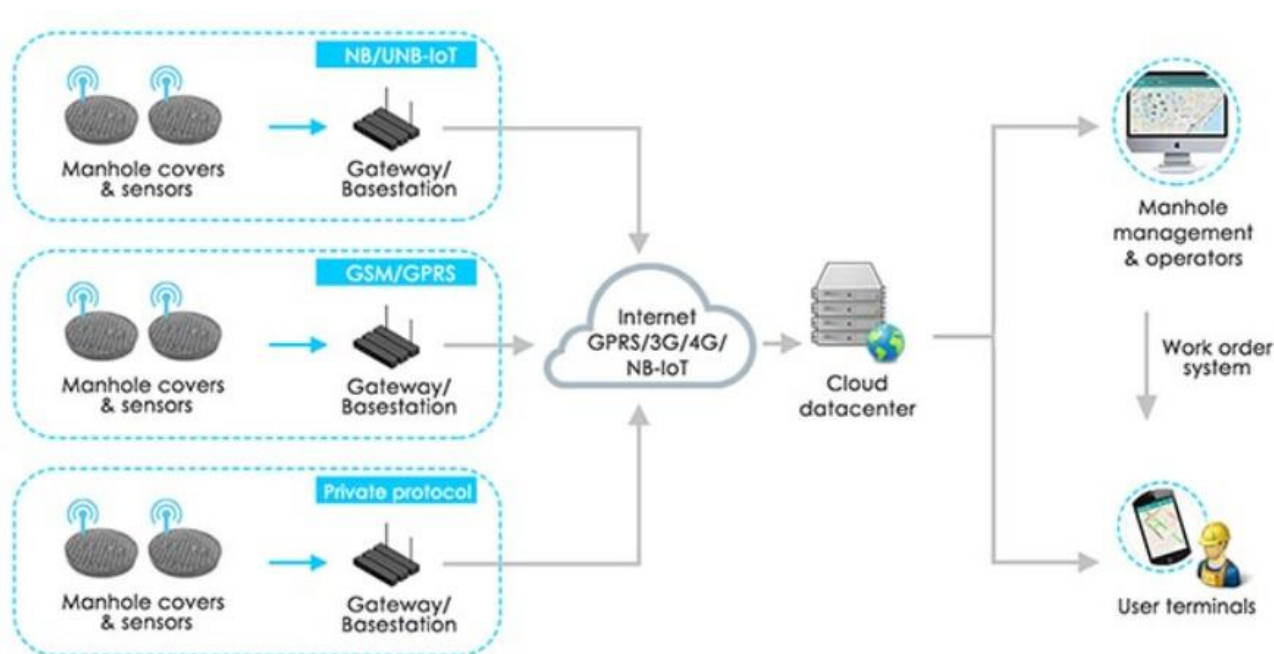


Рисунок 1.2 – Структура системи контролю кришок люків WiiHeu

Ще один тип продуктів на ринку – це специфічні IoT-давачі стану люків, як, наприклад, NB-IoT SMARTCOVER, який поєднує ультразвукові сенсори для визначення положення люка, рівня рідини в колодязі, нахилу та інших параметрів, з бездротовою передачею на сервер через NB-IoT чи LoRaWAN. Такий підхід дозволяє отримувати додаткові параметри в реальному часі й аналізувати ситуації, пов’язані із затопленням або зміною стану люків [3].

На глобальному рівні існує значний розвиток ринку інтелектуальних систем управління люками, що включають централізовані платформи від великих виробників, таких як Cisco, Siemens, Honeywell та інші [4]. Ці системи пропонують не лише моніторинг положення люків, а й комплексну аналітику, інтеграцію з

іншими підсистемами інфраструктури та розширені можливості прогнозової аналітики. Аналіз ринку показує, що IoT-технології, RFID, LPWAN і інші протоколи є основними технологічними складовими сучасних рішень, а NB-IoT і LoRaWAN домінують за частотою впровадження, як найбільш ефективні для великомасштабних розгортань.

Окрім комерційних IoT-рішень, на практиці застосовуються і локальні моніторингові системи, реалізовані муніципальними службами з використанням відкритих технологій передачі даних. Наприклад, у місті Хмельницький впроваджено систему моніторингу каналізаційних та водопровідних колодязів на основі мережі LoRaWAN, що дозволяє безпроводно виявляти відкриття або затоплення люків і передавати сигнали до диспетчерського центру [5]. Такі рішення часто реалізуються як частина локальних проєктів «розумного міста» й інтегруються у внутрішні інформаційні системи підприємств (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Пристрій для моніторингу каналізаційних та водопровідних колодязів в м. Хмельницький

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Незважаючи на те, що сучасні рішення забезпечують функціональність моніторингу та передачі даних, вони мають ряд суттєвих недоліків, які обмежують їх ефективність або роблять дорогими та складними для впровадження й експлуатації. Багато готових комерційних рішень характеризуються високою вартістю впровадження та обслуговування. Складні IoT-платформи, що включають апаратні сенсори, шлюзи та програмне забезпечення з аналітикою, потребують значних інвестицій, що є критичною перешкодою для невеликих міст чи комунальних підприємств з обмеженим бюджетом.

Складність інтеграції з наявними системами управління та обмежена сумісність між різними виробниками обладнання ускладнюють створення єдиного інформаційного простору для моніторингу. Багато рішень є закритими або пропонують обмежені API, що значно ускладнює адаптацію системи до конкретних вимог.

Ще одним недоліком є обмежена надійність передачі даних у складних умовах. Попри широке використання LPWAN-технологій, таких як NB-IoT чи LoRaWAN, глибина проникнення сигналів у підземних умовах та міських середовищах залишається проблемою, що може призводити до втрати пакетів або затримок у передаванні важливої інформації.

Також значною проблемою є енергозалежність давачів і обмежений ресурс автономної роботи, що особливо критично для віддалених або складнодоступних точок контролю. Хоча виробники заявляють тривалий час автономної роботи (до кількох років), реальні умови експлуатації, включаючи коливання температур та вологість, можуть значно скоротити термін служби батарей, що призводить до витрат на їх заміну або обслуговування.

Окрема проблема полягає у обмеженій функціональності стандартних сенсорів, які в основному фокусуються на відкритті чи закритті люків, але не завжди здатні надавати комплексні дані щодо рівня води, газів чи структурної цілісності. Для повного моніторингу технічного стану каналізаційних люків потрібні багатофункціональні давачі або комбіновані рішення, які збільшують складність і вартість системи.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Ще одним аспектом є безпека даних та вразливість до кіберзагроз. Інтегровані IoT-системи, підключені до хмарних платформ та корпоративних мереж, можуть бути вразливими до несанкціонованого доступу або атак, що створює ризики для цілісності системи моніторингу та експлуатаційної інформації.

Підсумовуючи, можна зазначити, що попри наявність достатньої кількості комерційних та IoT-орієнтованих рішень, вони мають обмеження, що потребують подолання при проєктуванні нової системи. Зокрема, важливими напрямками вдосконалення є зниження загальної вартості рішення, підвищення надійності передачі даних у складних умовах, розширення функціональності датчиків та забезпечення відкритих стандартів для інтеграції з іншими системами. Саме ці аспекти мають бути враховані при розробці пропонованої комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків, що стане важливою складовою безпечної та ефективної міської інфраструктури.

#### 1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

На основі сформульованих вимог технічного завдання та результатів огляду існуючих ринкових рішень можна виділити декілька підходів до реалізації комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків, кожен з яких має свої переваги та обмеження.

Першим можливим рішенням є використання готових комерційних IoT-систем, які пропонують комплексні апаратно-програмні платформи для моніторингу інфраструктурних об'єктів. Такі системи, як правило, забезпечують високу надійність, інтегровані хмарні сервіси та зручні засоби візуалізації даних. Однак їх застосування обмежується високою вартістю впровадження, залежністю від конкретного виробника та складністю адаптації до специфічних умов експлуатації. Крім того, комерційні рішення часто мають закрити архітектуру, що ускладнює їх подальшу модернізацію або інтеграцію з іншими інформаційними системами.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Другим підходом є розроблення системи на основі відкритих апаратних платформ і стандартних IoT-технологій. У цьому випадку як обчислювальну основу можуть використовуватися сучасні мікроконтролери з вбудованими засобами бездротового зв'язку, а для передавання даних – поширені IoT-протоколи. Такий підхід забезпечує гнучкість проєктування, зменшення вартості системи та можливість адаптації до конкретних вимог замовника. Недоліком є підвищені вимоги до етапів розроблення, налагодження та тестування, оскільки всі компоненти системи потребують ретельної інтеграції.

Ще одним можливим варіантом є застосування локальних систем моніторингу з обмеженою функціональністю, які забезпечують лише базовий контроль відкриття або зміщення люків. Такі рішення є відносно простими в реалізації та мають низьке енергоспоживання, однак не забезпечують повноцінного дистанційного моніторингу та інтеграції з хмарними сервісами. Їх використання доцільне лише в окремих випадках, коли не вимагається централізований збір і аналіз даних.

Перспективним напрямом є поєднання вбудованих пристроїв збору даних з хмарною IoT-платформою, яка забезпечує зберігання, обробку та візуалізацію інформації. Такий підхід дозволяє реалізувати масштабовану систему, здатну підтримувати велику кількість контрольованих об'єктів, а також забезпечити доступ до даних у реальному часі. Використання хмарних сервісів спрощує розгортання системи та зменшує вимоги до локальної інфраструктури, проте потребує забезпечення надійного захисту переданих даних і стабільного каналу зв'язку.

Найбільш доцільним є розроблення власної комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків на основі відкритих IoT-технологій. Такий підхід дозволяє поєднати переваги низької вартості, гнучкості, масштабованості та можливості подальшої модернізації. Обране рішення забезпечує відповідність вимогам технічного завдання та створює умови для ефективного впровадження системи в реальних умовах міської інфраструктури.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 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 дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

На рисунку 2.1 зображено структурну схему комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків.

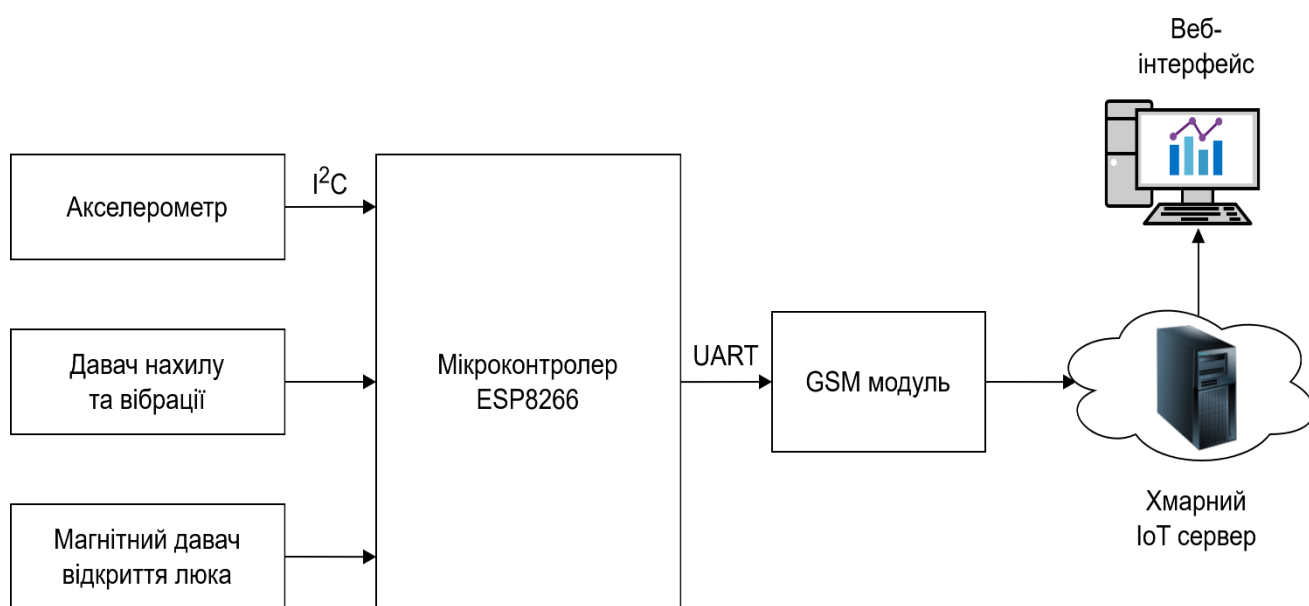


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

У центрі структури системи розташований мікроконтролерний модуль, який виконує функції збору, обробки та підготовки даних до передавання. Мікроконтролер отримує сигнали від сенсорних пристроїв, аналізує їх відповідно до заданого алгоритму роботи системи та формує повідомлення про стан контрольованого об'єкта. Крім того, він керує роботою модуля зв'язку та реалізує алгоритми енергозбереження.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Лазута А.М.</i>			<i>Проектна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Паламар А.М.</i>					19	19
<i>Рецензент</i>		<i>Стоянов Ю.М.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

Для контролю технічного стану каналізаційного люка в системі використовується декілька типів сенсорів. Одним із них є акселерометр, який призначений для визначення просторового положення люка та фіксації змін кута його нахилу. Завдяки аналізу прискорення вздовж трьох координатних осей можна визначити факт зміщення або підняття кришки люка. Дані з акселерометра передаються до мікроконтролера через цифровий інтерфейс, де вони обробляються та порівнюються з пороговими значеннями.

Додатковим сенсорним елементом є модуль давача нахилу та вібрації, який використовується для фіксації механічних коливань або різких змін положення люка. Цей сенсор може виконувати функцію допоміжного детектора руху, що дозволяє оперативно виявляти спроби несанкціонованого відкриття або демонтажу кришки люка.

Ще одним важливим сенсорним компонентом є магнітний давач відкриття, що працює на основі герконового контакту. Він забезпечує фіксацію факту відкриття або закриття люка шляхом зміни стану магнітного поля між давачем і постійним магнітом, встановленим на кришці. Такий підхід дозволяє з високою надійністю визначати події відкриття люка незалежно від його положення або кута нахилу.

Для передавання інформації про стан люка до віддаленої системи моніторингу використовується модуль бездротового зв'язку, який забезпечує передачу даних через мобільну мережу. Мікроконтролер формує пакети даних, що містять інформацію від сенсорів, та передає їх через модуль зв'язку до мережі Інтернет.

Отримані дані надходять до хмарної IoT-платформи, яка виконує функції приймання, зберігання та обробки інформації. На платформі реалізується відображення параметрів системи у вигляді графіків, таблиць та інформаційних панелей. Крім того, платформа може генерувати повідомлення або сигнали тривоги у разі виявлення нештатних ситуацій, таких як відкриття або зміщення люка.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						20
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Важливим елементом системи є підсистема живлення, яка забезпечує автономну роботу пристрою. Основним джерелом живлення є акумулятор, що накопичує електричну енергію для роботи всіх компонентів системи. Для керування процесом заряджання акумулятора використовується спеціальний модуль заряджання, який забезпечує стабільний і безпечний режим роботи джерела живлення.

## 2.2 Апаратне забезпечення системи контролю технічного стану каналізаційних люків

### 2.2.1 Мікроконтролерний модуль NodeMCU

Одним із ключових елементів розроблюваної комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків є мікроконтролерний модуль NodeMCU, який виконує функції центрального вузла обробки інформації. Саме цей модуль забезпечує збір даних із сенсорних пристроїв, їх попередню обробку, формування інформаційних повідомлень та передавання даних до хмарної IoT-платформи. Завдяки наявності вбудованого бездротового інтерфейсу Wi-Fi цей модуль широко використовується у системах Інтернету речей (IoT) та різноманітних автоматизованих системах моніторингу (рис. 2.2).

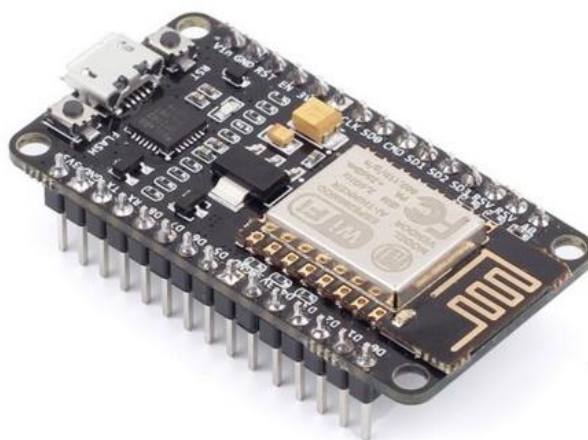


Рисунок 2.2 – Мікроконтролерний модуль NodeMCU

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Модуль NodeMCU є платою, побудованою на основі 32-бітного мікроконтролера ESP8266 архітектури Tensilica L106, який спочатку був розроблений як енергоефективний Wi-Fi контролер для IoT пристроїв. Плата поєднує в собі безпосередньо мікроконтролерний чип, модуль бездротового зв'язку, стабілізатор живлення, інтерфейс програмування через USB та набір виводів для підключення зовнішніх сенсорів і периферійних пристроїв (рис. 2.3). Завдяки такій інтегрованій архітектурі NodeMCU дозволяє значно спростити процес розробки електронних систем, оскільки більшість необхідних елементів уже розміщені на одній друкованій платі.

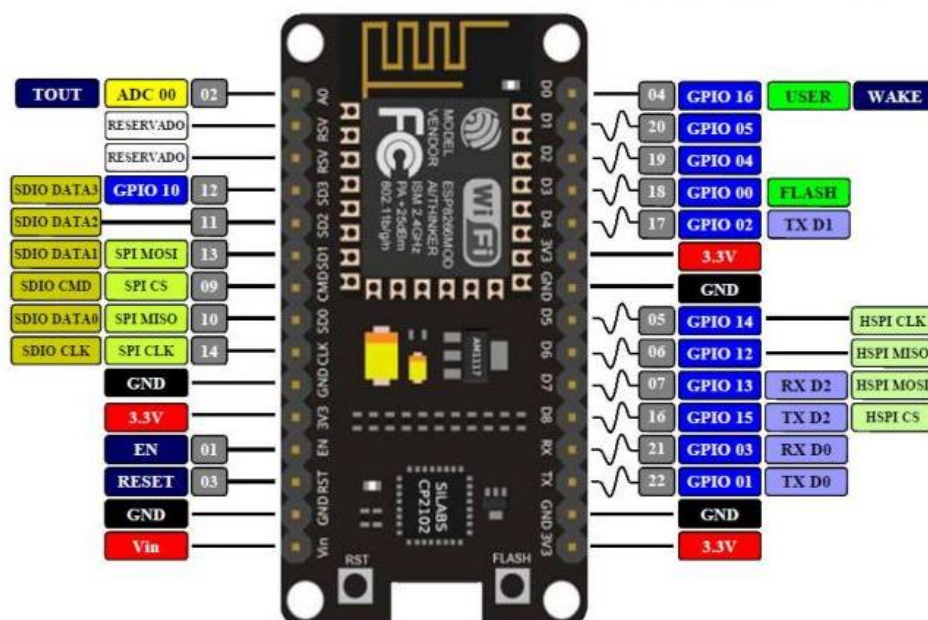


Рисунок 2.3 – Функції виводів модуля NodeMCU

Важливою особливістю модуля є наявність інтегрованого бездротового інтерфейсу Wi-Fi. Контролер підтримує різні режими роботи бездротової мережі, зокрема режим клієнта (station), режим точки доступу (access point) та комбінований режим. Завдяки вбудованому стеку мережевих протоколів TCP/IP мікроконтролер може безпосередньо взаємодіяти з мережевими сервісами, передавати дані до серверів або IoT-платформ, а також приймати команди керування. Характеристики модуля NodeMCU наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики модуля NodeMCU

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ESP8266
Архітектура процесора	Tensilica L106, 32-біт
Тактова частота	80 МГц (до 160 МГц)
Флеш-пам'ять	4 МБ
Оперативна пам'ять	близько 50–80 КБ
Стандарт бездротового зв'язку	Wi-Fi 802.11 b/g/n
Робоча частота Wi-Fi	2,4 ГГц
Режими Wi-Fi	STA, AP, STA+AP
Кількість цифрових входів/виходів	до 11 GPIO
Аналогові входи	1 (10-бітний АЦП)
Інтерфейси обміну даними	UART, SPI, I <sup>2</sup> C
Робоча напруга	3,3 В
Вхідна напруга живлення	4,5–10 В через VIN або 5 В через USB
Споживаний струм	70 мА у активному режимі

Мікроконтролерний модуль має значну кількість універсальних входів-виходів (GPIO), які можуть використовуватися для підключення різноманітних сенсорів, виконавчих пристроїв або інших електронних компонентів. Ці виводи підтримують різні інтерфейси обміну даними, такі як UART, SPI та I<sup>2</sup>C. Завдяки цьому модуль може працювати з великою кількістю периферійних пристроїв, включаючи акселерометри, давачі, модулі зв'язку та інші елементи електронних систем.

Принцип роботи мікроконтролерного модуля NodeMCU полягає у виконанні запрограмованого алгоритму, який забезпечує періодичне опитування сенсорів, аналіз отриманих даних та передачу результатів у мережу. Після подачі живлення мікроконтролер завантажує програму з флеш-пам'яті та ініціалізує всі необхідні периферійні інтерфейси. Далі відбувається підключення до бездротової мережі або іншого каналу передачі даних.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання мікроконтролерного модуля NodeMCU для реалізації розроблюваної системи є доцільним з кількох причин. По-перше, модуль має вбудований бездротовий інтерфейс Wi-Fi, що дозволяє легко реалізувати передачу даних до хмарної IoT-платформи без використання додаткових мережевих модулів. По-друге, мікроконтролер має достатню потужність і обсяг пам'яті для реалізації алгоритмів збору та обробки даних із сенсорів. По-третє, модуль підтримує велику кількість периферійних інтерфейсів, що дозволяє підключати різноманітні датчики, зокрема акселерометри, датчики нахилу, геркони та інші пристрої, необхідні для контролю стану каналізаційного люка. Крім того, плата має компактні розміри, низьку вартість і простоту програмування, що робить її зручною для використання у навчальних та дослідницьких проєктах.

### 2.2.2 Акселерометр ADXL345

Для контролю зміни положення каналізаційного люка у проєктованій комп'ютерній системі використовується тривісний цифровий акселерометр ADXL345, який призначений для вимірювання прискорення вздовж трьох координатних осей. Цей сенсор дозволяє визначати як динамічні прискорення, що виникають під час руху або ударів, так і статичне прискорення сили тяжіння, що використовується для визначення кута нахилу об'єкта. Завдяки цим властивостям акселерометр може застосовуватися для фіксації зміни положення кришки люка, її зсуву або відкриття (рис. 2.4).

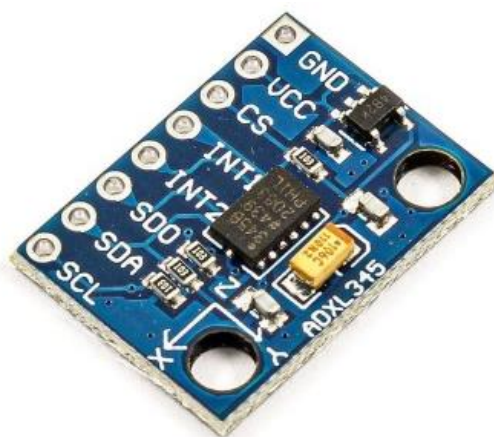


Рисунок 2.4 – Акселерометр ADXL345

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Акселерометр ADXL345 є мікроелектромеханічним сенсором (MEMS), який реалізує принцип вимірювання прискорення на основі переміщення мікроскопічної інерційної маси всередині кремнієвої структури. Усередині чипа розміщена система мікромеханічних пружин та електродів, які формують ємнісні давачі. Під дією прискорення інерційна маса зміщується відносно початкового положення, що призводить до зміни ємності між електродами. Електронна схема сенсора перетворює цю зміну ємності у цифровий сигнал, який пропорційний величині прискорення. Таким чином формується інформація про прискорення вздовж трьох взаємно перпендикулярних осей X, Y та Z.

Конструктивно сенсор ADXL345 виконаний у компактному корпусі типу LGA. Всередині корпусу розміщено мікромеханічний чутливий елемент, АЦП, цифровий контролер обробки сигналів та інтерфейс зв'язку з мікроконтролером. Вбудований АЦП формує цифрові значення прискорення з роздільною здатністю до 13 біт, що дає достатню точність вимірювання навіть невеликих змін нахилу об'єкта.

Однією з важливих особливостей цього акселерометра є можливість вибору діапазону вимірювання прискорення. Пристрій підтримує чотири основні діапазони:  $\pm 2$  g,  $\pm 4$  g,  $\pm 8$  g та  $\pm 16$  g. Це дозволяє використовувати сенсор як для вимірювання малих змін положення, так і для фіксації різких ударів або вібрацій. При цьому роздільна здатність сенсора становить приблизно 4 мг на один розряд у режимі повної роздільної здатності, що дає змогу визначати зміну кута нахилу менше ніж на один градус.

Для обміну даними з мікроконтролером акселерометр підтримує два цифрових інтерфейси — I<sup>2</sup>C та SPI. Це дозволяє легко інтегрувати сенсор у різноманітні вбудовані системи, включаючи мікроконтролерні платформи. У більшості IoT-проектів використовується інтерфейс I<sup>2</sup>C, який дозволяє підключати декілька пристроїв до однієї шини та значно спрощує апаратну реалізацію системи.

Акселерометр ADXL345 також має вбудовані апаратні функції аналізу руху. Зокрема, сенсор може автоматично визначати події активності та неактивності, фіксувати різкі удари, подвійні удари або стан вільного падіння. Крім того, в

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрої реалізовано внутрішній буфер FIFO, який дозволяє накопичувати результати вимірювань перед передаванням їх до мікроконтролера. Це зменшує навантаження на процесор і підвищує енергоефективність системи. Характеристики акселерометра ADXL345 наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики акселерометра ADXL345

Характеристика	Значення
Тип сенсора	Цифровий тривісний акселерометр
Діапазон вимірювання	$\pm 2\text{ g}$ , $\pm 4\text{ g}$ , $\pm 8\text{ g}$ , $\pm 16\text{ g}$
Роздільна здатність	до 13 біт
Чутливість	приблизно 4 мг/LSB
Частота оновлення даних	0,1 Гц – 3200 Гц
Інтерфейси зв'язку	I <sup>2</sup> C, SPI
Напруга живлення	2,0–3,6 В
Споживаний струм	близько 23–40 мкА
Струм у режимі очікування	близько 0,1 мкА
Робочий температурний діапазон	-40...+85 °С
Допустиме ударне навантаження	до 10000 g

Принцип роботи акселерометра у складі комп'ютерної системи контролю каналізаційних люків полягає у періодичному вимірюванні прискорення вздовж трьох осей та визначенні просторової орієнтації кришки люка. Якщо положення люка змінюється, змінюється і проекція вектора прискорення сили тяжіння на відповідні осі сенсора. Мікроконтролер отримує ці дані через цифровий інтерфейс, обчислює кути нахилу та порівнює їх із заданими пороговими значеннями. У разі перевищення допустимих меж система фіксує подію зміни положення люка та передає відповідне повідомлення до віддаленої системи моніторингу.

Використання акселерометра ADXL345 у розроблюваній системі є технічно обґрунтованим. По-перше, сенсор забезпечує вимірювання прискорення одночасно вздовж трьох осей, що дозволяє точно визначати зміну положення або

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нахилу люка. По-друге, висока роздільна здатність і можливість вибору діапазону вимірювання забезпечують достатню точність для фіксації навіть незначних зміщень. По-третє, сенсор характеризується низьким енергоспоживанням, що є важливою перевагою для автономних систем, які живляться від акумулятора.

Крім того, акселерометр має компактні розміри, підтримує стандартні цифрові інтерфейси зв'язку та широко використовується у мікроконтролерних системах, що значно спрощує його інтеграцію у розроблювану систему. Завдяки цим характеристикам використання акселерометра ADXL345 дозволяє ефективно реалізувати функцію контролю зміни положення каналізаційного люка та своєчасно виявляти несанкціоноване відкриття або зсув кришки.

### 2.2.3 Давач нахилу і вібрації SW-520D

Для підвищення надійності виявлення змін положення каналізаційного люка у даній комп'ютерній системі використовується модуль давача SW-520D. Даний сенсор призначений для фіксації зміни просторового положення об'єкта, а також для виявлення механічних коливань або ударів. Завдяки простоті конструкції, низькому енергоспоживанню та цифровому виходу цей модуль широко застосовується у системах сигналізації, автоматизованих системах контролю, робототехніці та різноманітних IoT-пристроях (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Давач нахилу і вібрації SW-520D

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивно модуль складається з двох основних частин: чутливого елемента — давача SW-520D та електронної плати обробки сигналу. Сам чутливий елемент являє собою механічний перемикач роликowego типу, всередині якого розміщена металева кулька. У корпусі давача знаходяться два електроди, між якими може замикатися електричний контакт. Коли давач знаходиться у певному положенні, металева кулька під дією сили тяжіння перекочується та замикає контакти. У разі зміни положення давача або появи вібрації кулька зміщується і контакт розмикається. Таким чином формується сигнал про зміну положення або механічний вплив на сенсор.

На друкованій платі модуля розміщено допоміжну електронну схему, яка забезпечує стабільну роботу сенсора та формування зручного для мікроконтролера цифрового сигналу. Основним елементом цієї схеми є компаратор напруги LM393, який обробляє сигнал від механічного перемикача та формує чіткий логічний рівень на виході модуля. Крім компаратора, на платі встановлено підлаштувальний резистор (потенціометр), за допомогою якого можна регулювати чутливість спрацювання сенсора. Також модуль містить світлодіодні індикатори живлення та стану, які дозволяють візуально контролювати роботу пристрою.

Модуль має просту структуру підключення і зазвичай оснащений трьохконтактним інтерфейсом, який включає виводи живлення, заземлення та цифровий вихід сигналу. Завдяки цифровому формату вихідного сигналу сенсор може безпосередньо підключатися до входів мікроконтролера без використання додаткових схем обробки. При зміні положення або появи вібрації на виході модуля формується логічний сигнал, що легко обробляється програмою керування.

Принцип роботи модуля давача нахилу та вібрації базується на реєстрації зміни положення внутрішньої металевої кульки. У нормальному стані, коли давач знаходиться у стабільному положенні, кулька контактує з електродами та замикає електричне коло. У випадку нахилу або механічної вібрації кулька змінює своє положення, контакт розривається або короткочасно змінюється, що призводить до появи сигналу на виході модуля. Таким чином сенсор може використовуватися як детектор руху, удару або зміни орієнтації об'єкта.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

У контексті розроблюваної системи дистанційного контролю каналізаційних люків модуль давача нахилу та вібрації виконує функцію допоміжного сенсора. Він дозволяє оперативно фіксувати появу механічних впливів на люк, наприклад удари, спроби демонтажу або переміщення кришки. У разі виникнення таких подій модуль формує сигнал, який надходить до мікроконтролера системи. Після цього мікроконтролер може активувати додаткову перевірку стану люка або передати відповідне повідомлення до віддаленої IoT-платформи. Використання цього сенсора у поєднанні з акселерометром дозволяє підвищити достовірність виявлення небезпечних ситуацій та зменшити ймовірність пропуску подій. Характеристики давача нахилу і вібрації SW-520D наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики давача SW-520D

Характеристика	Значення
Тип вихідного сигналу	Цифровий (TTL, HIGH/LOW)
Робоча напруга	3,3–5 В
Максимальний вихідний струм	до 15–20 мА
Кут спрацювання	приблизно 10–15°
Інтерфейс підключення	VCC, GND, OUT
Робоча температура	приблизно –20...+80 °С
Компаратор сигналу	LM393

Вибір модуля SW-520D для реалізації комп'ютерної системи контролю технічного стану каналізаційних люків є технічно обґрунтованим. По-перше, сенсор має дуже просту конструкцію та не потребує складної обробки сигналу, що значно спрощує інтеграцію з мікроконтролерною системою. По-друге, модуль має цифровий вихід, який може безпосередньо підключатися до входів мікроконтролера. По-третє, сенсор характеризується низьким енергоспоживанням, компактними розмірами та високою механічною надійністю.

Крім того, використання такого сенсора дозволяє оперативно виявляти механічні впливи на каналізаційний люк, що може свідчити про спробу

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

несанкціонованого відкриття або демонтажу. Завдяки поєднанню цього сенсора з акселерометром у системі реалізується багаторівневий контроль стану люка, що підвищує загальну ефективність та надійність функціонування цієї комп'ютерної системи моніторингу.

#### 2.2.4 Магнітний давач відкриття КУ-025

Для фіксації факту відкриття або закриття каналізаційного люка у даній комп'ютерній системі використовується магнітний давач відкриття КУ-025, який побудований на основі герконового перемикача. Даний тип сенсора широко застосовується у системах безпеки, охоронних сигналізаціях, системах контролю доступу та автоматизації, оскільки дозволяє здійснювати безконтактне визначення положення рухомих елементів за допомогою магнітного поля. Основною перевагою такого давача є простота конструкції, висока надійність і низьке енергоспоживання, що робить його ефективним для використання у автономних електронних системах (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Магнітний давач відкриття КУ-025

Конструктивно модуль КУ-025 складається з герконового давача, електронної плати обробки сигналу та допоміжних елементів індикації і налаштування. Основним чутливим елементом є геркон — мініатюрний герметичний електромеханічний перемикач, що розміщується всередині скляної

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

колби. Усередині колби знаходяться два тонкі ферромагнітні контакти, які у нормальному стані розімкнені. При появі магнітного поля ці контакти намагнічуються і притягуються один до одного, у результаті чого електричне коло замикається. Коли магнітне поле зникає, контакти повертаються у початкове положення і коло розмикається. Таким чином формується сигнал про наближення або віддалення магніту.

На друкованій платі модуля також розміщено електронну схему обробки сигналу, до складу якої входить компаратор напруги LM393, потенціометр для регулювання чутливості, світлодіодні індикатори та декілька резисторів. Компаратор забезпечує формування стабільного логічного сигналу на виході модуля, що дозволяє безпосередньо підключати давач до входів мікроконтролера. Потенціометр дозволяє змінювати поріг спрацювання, регулюючи чутливість сенсора до магнітного поля. Крім того, на платі передбачено світлодіодні індикатори, які сигналізують про наявність живлення та стан спрацювання давача.

Модуль має стандартний інтерфейс підключення, що значно спрощує його інтеграцію у мікроконтролерні системи. Зазвичай модуль оснащений трьома або чотирма контактами, які включають виводи живлення, заземлення та сигнальний вихід. При наближенні магніту до сенсора геркон замикається, унаслідок чого на виході формується логічний сигнал, який може бути зчитаний мікроконтролером. Такий принцип роботи дозволяє реалізувати просте і надійне визначення положення об'єкта без необхідності використання складних вимірювальних схем.

Принцип роботи магнітного давача у складі комп'ютерної системи контролю каналізаційних люків полягає у визначенні факту відкриття або закриття люка. На внутрішній стороні кришки люка встановлюється постійний магніт, тоді як сам герконовий давач монтується на нерухомій частині конструкції. У закритому стані магніт знаходиться поруч із сенсором, створюючи магнітне поле, яке замикає контакти геркона. У разі відкриття або зміщення люка магніт віддаляється від сенсора, магнітне поле зникає, контакти розмикаються і мікроконтролер фіксує зміну логічного стану сигналу. Після цього система може сформувати повідомлення про нештатну ситуацію та передати його на віддалену IoT-

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

платформу для подальшого моніторингу. Характеристики магнітного давача відкриття КУ-025 наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики магнітного давача відкриття КУ-025

Характеристика	Значення
Чутливий елемент	Геркон (reed switch)
Принцип роботи	Замикання контактів у магнітному полі
Робоча напруга	3,3–5 В
Тип вихідного сигналу	Цифровий (HIGH/LOW)
Компаратор сигналу	LM393
Регулювання чутливості	Потенціометр
Інтерфейс підключення	VCC, GND, Signal
Споживаний струм	до 15 мА
Робоча температура	–40...+85 °С

Вибір магнітного давача відкриття КУ-025 для реалізації комп'ютерної системи контролю технічного стану каналізаційних люків є технічно обґрунтованим. По-перше, даний сенсор дозволяє з високою надійністю визначати факт відкриття або закриття люка незалежно від його кута нахилу. По-друге, давач працює за безконтактним принципом, що забезпечує довгий термін служби та високу стійкість до механічних навантажень. По-третє, модуль має просту схему підключення і може безпосередньо взаємодіяти з мікроконтролером без використання додаткових схем обробки сигналу.

Крім того, сенсор характеризується низьким енергоспоживанням, компактними розмірами та невисокою вартістю, що є важливими факторами для створення автономних систем моніторингу. Завдяки поєднанню магнітного давача відкриття з іншими сенсорами, такими як акселерометр і давач вібрації, у системі реалізується багаторівневий контроль стану каналізаційного люка, що підвищує достовірність виявлення нештатних ситуацій та ефективність функціонування всієї комп'ютерної системи.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2.5 GSM модуль SIM800L

Для забезпечення передачі даних до віддаленої IoT-платформи в цій комп'ютерній системі використовується GSM-модуль SIM800L. Даний модуль є компактним бездротовим комунікаційним пристроєм, призначеним для роботи у мережах мобільного зв'язку стандарту GSM. Завдяки підтримці технології GPRS модуль дозволяє передавати дані через мобільну мережу безпосередньо до серверів або хмарних платформ. Це робить його ефективним засобом організації дистанційного моніторингу у IoT системах, сигналізації, телеметрії та автоматизованих системах контролю (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – GSM модуль SIM800L

Конструктивно GSM-модуль SIM800L виконаний у вигляді компактної електронної плати, на якій розміщено основний радіомодемний чип SIM800, мікросхеми керування живленням, інтерфейс підключення SIM-карти, антенний роз'єм та контакти для підключення до зовнішніх електронних систем. Основним елементом модуля є мікросхема SIM800, що містить у собі GSM-трансвер, процесор обробки сигналів, контролер протоколів мобільного зв'язку та контролер керування інтерфейсами. Усі ці компоненти інтегровані в одному корпусі, що дозволяє значно зменшити розміри пристрою та спростити його використання у вбудованих системах.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На платі модуля також розміщений слот для встановлення Micro-SIM карти, через яку здійснюється підключення до мережі мобільного оператора. Для забезпечення радіозв'язку використовується зовнішня антена, що підключається до спеціального RF-роз'єму або контактної площадки. Наявність зовнішньої антени дозволяє покращити якість прийому сигналу і збільшити дальність зв'язку.

Принцип роботи GSM-модуля SIM800L полягає у забезпеченні бездротового обміну даними між мікроконтролером та мережею мобільного зв'язку. Після подачі живлення модуль ініціалізує внутрішні компоненти, перевіряє наявність SIM-карти та здійснює пошук доступної GSM-мережі. Після успішної реєстрації у мережі модуль готовий до приймання та передавання даних. Взаємодія з мікроконтролером здійснюється через послідовний інтерфейс UART, який використовується для передачі команд та отримання відповідей від модуля.

Керування модулем здійснюється за допомогою стандартного набору AT-команд, що визначений міжнародними стандартами для GSM-модемів. Мікроконтролер надсилає модулю текстові команди, які дозволяють виконувати різноманітні операції, зокрема ініціалізацію модуля, підключення до мережі, відправлення SMS-повідомлень, здійснення голосових викликів або передачу пакетних даних через протокол GPRS. Модуль також підтримує мережеві протоколи TCP/IP, HTTP та FTP, що дозволяє безпосередньо передавати дані на віддалені сервери або хмарні IoT-платформи.

Важливою особливістю модуля SIM800L є підтримка чотирьох частотних діапазонів GSM. Передача даних у режимі GPRS забезпечує швидкість до приблизно 85,6 кбіт/с, що є достатнім для надсилання телеметричної інформації від сенсорних систем.

Для роботи модуля потрібно подати стабільне живлення у діапазоні приблизно 3,4–4,4 В. Особливістю GSM-модемів є значні імпульсні струми під час передачі даних, які можуть досягати приблизно 2 А. Тому джерело живлення повинно мати достатній запас струму, щоб забезпечити стабільну роботу модуля та уникнути його перезавантаження під час роботи. Характеристики GSM-модуля SIM800L наведено в таблиці 2.5.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

Таблиця 2.5 – Характеристики GSM-модуля SIM800L

Характеристика	Значення
Частотні діапазони	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 МГц
Стандарт зв'язку	GSM, GPRS
Клас GPRS	Class 12
Максимальна швидкість передачі даних	до 85,6 кбіт/с
Інтерфейс зв'язку	UART (AT-команди)
Напруга живлення	3,4–4,4 В (рекомендовано 4,0 В)
Споживаний струм	до 350 мА (передача), до 2 А піковий
Струм у режимі очікування	приблизно 1–7 мА
Підтримуваний тип SIM-карти	Micro-SIM
Робоча температура	–40...+85 °С

Використання GSM-модуля SIM800L у комп'ютерній системі контролю технічного стану каналізаційних люків є технічно обґрунтованим з кількох причин. По-перше, модуль забезпечує передачу даних через мережу мобільного зв'язку, що дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг стану люків незалежно від наявності локальної Wi-Fi мережі. Це особливо важливо для міської інфраструктури, де контрольовані об'єкти можуть бути розташовані на значній відстані один від одного. По-друге, підтримка стандартних AT-команд значно спрощує програмну реалізацію обміну даними з мікроконтролером. Крім того, модуль характеризується достатньою швидкістю передачі даних для телеметричних систем і має низьке енергоспоживання у режимі очікування.

GSM-модуль SIM800L є ефективним і технічно доцільним рішенням для організації бездротового передавання інформації у системі дистанційного контролю каналізаційних люків, оскільки забезпечує надійний зв'язок з віддаленою IoT-платформою та дозволяє оперативно передавати повідомлення про нештатні ситуації.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Електрична принципова схема пристрою

Електрична принципова схема системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків визначає взаємозв'язки між основними електронними компонентами пристрою та забезпечує їх коректну взаємодію. Схема містить мікроконтролерний модуль NodeMCU, акселерометр ADXL345, модуль датчика нахилу і вібрації SW-520D, магнітний датчик відкриття KY-025, GSM-модуль SIM800L, літій-іонний акумулятор 18650 та зарядний модуль TP4056. На рисунку 2.8 наведено електричну принципову схему цієї системи.

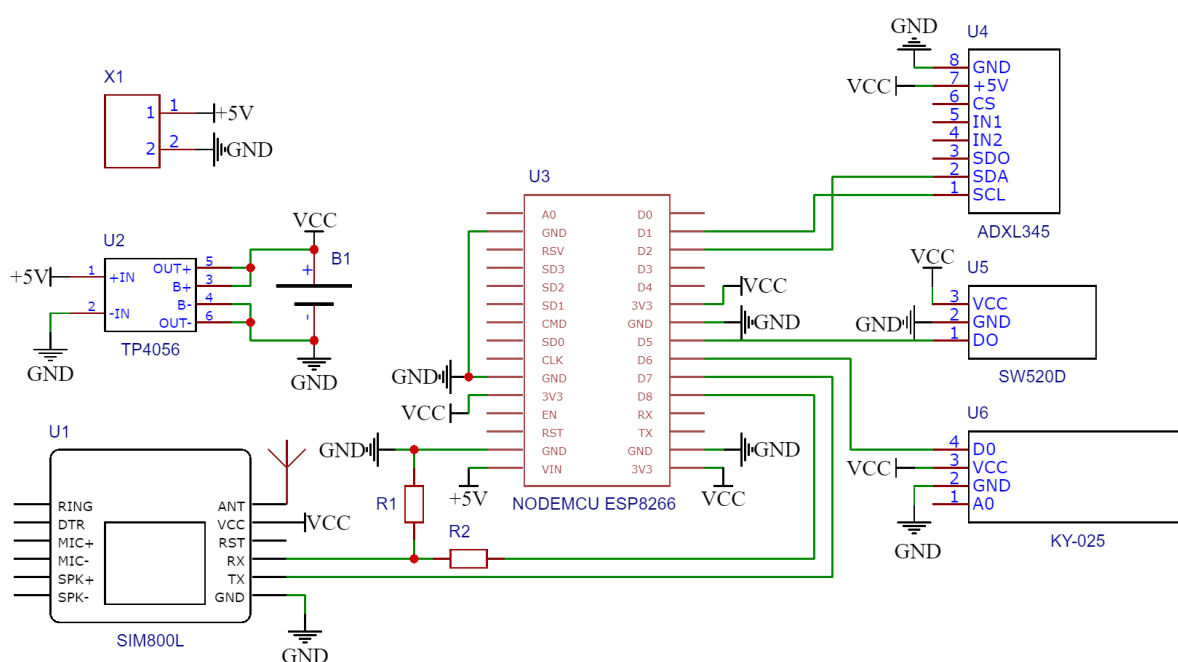


Рисунок 2.8 – Електрична принципова схема пристрою для дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

Основним елементом схеми є мікроконтролерний модуль NodeMCU, який виконує функції збору, обробки та передавання інформації від сенсорів. Усі периферійні пристрої підключаються безпосередньо до його портів введення-виведення. Модуль також забезпечує керування GSM-модемом та реалізує програмний алгоритм роботи системи.

Акселерометр ADXL345 використовується для визначення просторового положення каналізаційного люка. Обмін даними між акселерометром і

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

мікроконтролером реалізовано через інтерфейс I<sup>2</sup>C. Для цього вивід SDA акселерометра підключається до порту D2 мікроконтролера, який виконує функцію лінії даних I<sup>2</sup>C. Вивід SCL акселерометра підключається до порту D1, що використовується як тактова лінія інтерфейсу I<sup>2</sup>C.

Модуль давача нахилу SW-520D використовується як додатковий сенсор, що дозволяє оперативно фіксувати механічні коливання або удари по кришці люка. Цифровий вихід модуля DO підключається до порту D5 мікроконтролера. У процесі роботи мікроконтролер контролює стан цього входу та у випадку появи сигналу виявляє наявність вібрації або зміни положення люка.

Для визначення факту відкриття або закриття люка використовується магнітний давач відкриття KY-025, який працює на основі герконового перемикача. Цифровий вихід DO модуля підключається до порту D6 мікроконтролера. У нормальному стані, коли люк закритий і магніт знаходиться поруч із давачем, герконовий контакт замкнений. При відкритті люка магніт віддаляється від сенсора, контакти розмикаються і мікроконтролер фіксує зміну логічного рівня на відповідному вході.

Передавання інформації до віддаленої системи моніторингу забезпечує GSM-модуль SIM800L. Зв'язок між GSM-модулем і мікроконтролером реалізується через послідовний інтерфейс UART. Для цього вивід TX модуля SIM800L підключається до входу RX мікроконтролера, а вивід RX модуля — до виходу TX мікроконтролера. Такий спосіб підключення забезпечує двосторонній обмін даними між мікроконтролером і GSM-модемом за допомогою AT-команд.

Окрему увагу у схемі приділено системі живлення пристрою. Основним джерелом живлення є літій-іонний акумулятор типу 18650, який забезпечує автономну роботу системи. Акумулятор підключається до модуля заряджання TP4056 через контакти BAT+ і BAT-. Модуль TP4056 забезпечує контроль процесу заряджання акумулятора. Вихідні контакти OUT+ і OUT- цього модуля використовуються для живлення всієї електронної системи.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>37</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

Алгоритм роботи системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків визначає послідовність дій програмного забезпечення мікроконтролера та порядок взаємодії всіх апаратних компонентів системи. Основу системи становить мікроконтролерний модуль NodeMCU, який виконує функції збору даних із сенсорів, аналізу стану об'єкта контролю та передавання інформації до віддаленої IoT-платформи через GSM-мережу за допомогою модуля SIM800L. Алгоритм роботи системи передбачає безперервний моніторинг положення кришки люка, фіксацію фактів її відкриття або зміни положення, а також реєстрацію вібрацій чи механічних впливів.

На початковому етапі роботи після подачі живлення від акумулятора 18650 через модуль заряджання TP4056 відбувається ініціалізація мікроконтролера та всіх підключених периферійних пристроїв. Мікроконтролер налаштовує порти введення-виведення, ініціалізує інтерфейс I<sup>2</sup>C для обміну даними з акселерометром ADXL345, конфігурує цифрові входи для зчитування сигналів із давачів SW-520D та KY-025, а також встановлює послідовний зв'язок UART з GSM-модулем SIM800L. На цьому ж етапі виконується перевірка працездатності всіх модулів системи.

Після завершення ініціалізації система переходить у режим основного циклу моніторингу (рис. 3.1). Першим кроком у цьому циклі є зчитування даних з акселерометра ADXL345. Мікроконтролер отримує значення прискорення по трьох осях координат та на їх основі обчислює кут нахилу кришки люка відносно початкового положення. Якщо отримані значення не перевищують встановлених порогових значень, система вважає, що положення люка є нормальним.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Лазута А.М.</i>			<i>Практична частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Паламар А.М.</i>					<i>38</i>	<i>16</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Стоянов Ю.М.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

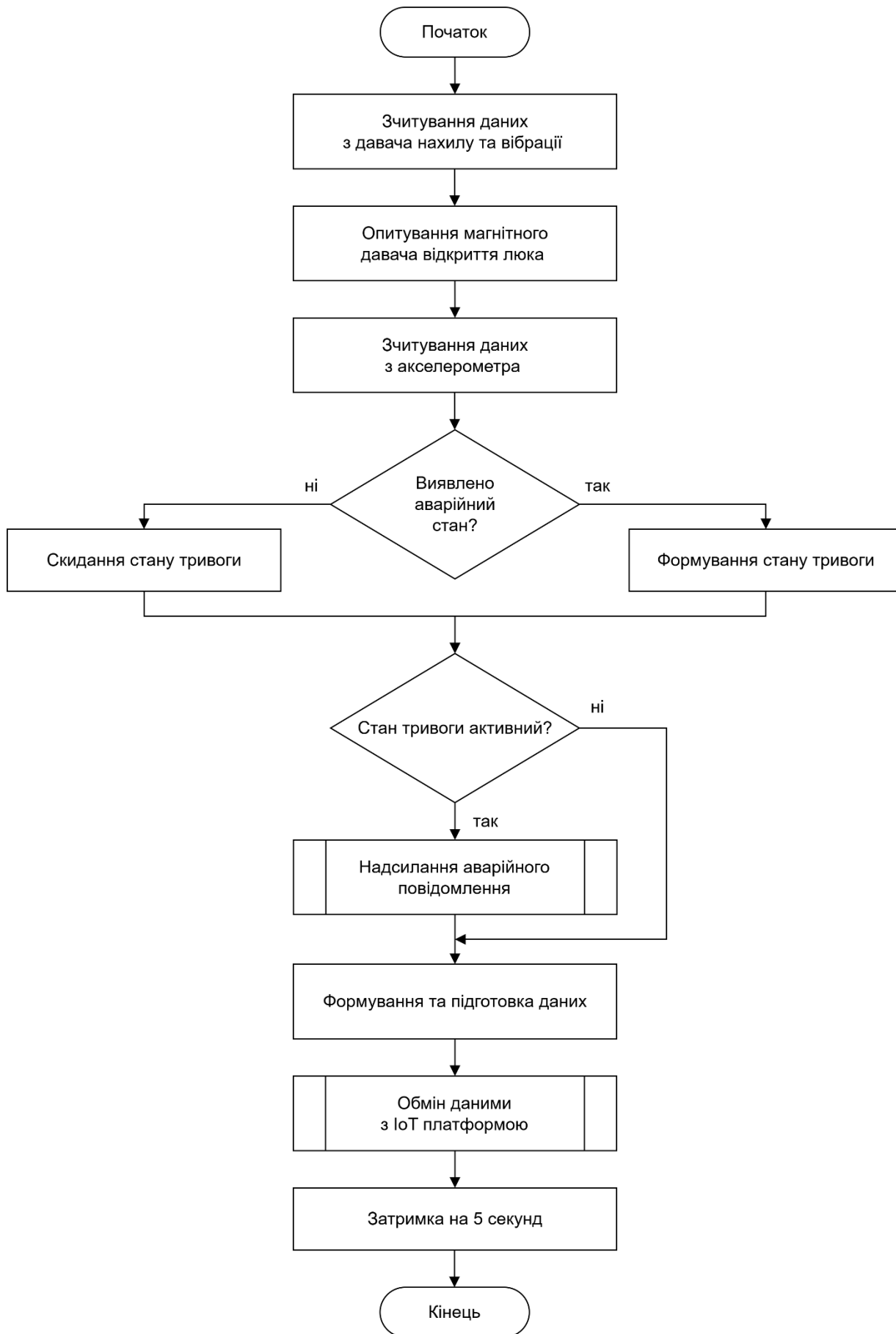


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми loop у системі дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків

У разі перевищення допустимого кута нахилу формується подія про можливе зміщення або підняття кришки.

Наступним етапом алгоритму є аналіз сигналу з магнітного давача відкриття КУ-025. Він дозволяє визначити факт безпосереднього відкриття люка. Якщо магнітний контакт розмикається, що відповідає віддаленню магніту від геркона, мікроконтролер фіксує подію відкриття люка. Така подія може свідчити про проведення технічних робіт, несанкціоноване відкриття люка або можливу крадіжку його кришки.

Додатковим елементом контролю є модуль давача нахилу SW-520D. У процесі роботи мікроконтролер постійно зчитує стан цифрового виходу цього сенсора. При виникненні сильних вібрацій, ударів або різких змін положення кришки люка давач генерує відповідний сигнал. У цьому випадку система фіксує подію механічного впливу, що може бути ознакою спроби зняття кришки або дії транспортних засобів.

Після збору даних із усіх сенсорів мікроконтролер виконує їх комплексний аналіз. Якщо всі давачі показують нормальний стан об'єкта, система переходить у режим очікування та через заданий інтервал часу повторює цикл вимірювань. Для зменшення енергоспоживання на цьому етапі може використовуватись режим енергозбереження мікроконтролера, у якому більшість периферійних блоків тимчасово вимикається.

У випадку виявлення будь-якої аномальної події (відкриття люка, значного нахилу або сильних вібрацій) мікроконтролер формує інформаційне повідомлення про поточний стан об'єкта. До складу такого повідомлення входять дані про тип події, значення кута нахилу люка, стан магнітного давача, наявність вібрацій та час фіксації події.

Сформоване повідомлення передається до GSM-модуля SIM800L, який забезпечує встановлення з'єднання з мережею мобільного зв'язку та передачу даних через GPRS-канал до віддаленої IoT-платформи Thinger.io. На цій платформі отримані дані зберігаються у базі даних, відображаються у вигляді графіків та можуть використовуватись для подальшого аналізу технічного стану люків.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 3.2 Розробка програмного забезпечення

### 3.2.1 Ініціалізація апаратних модулів та налаштування мережевої взаємодії

У даній системі підпрограма `setup()` забезпечує налаштування інтерфейсів зв'язку, сенсорів, GSM-модуля та підключення до IoT платформи (рис. 3.2).

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(VIBRATION_PIN, INPUT);
  pinMode(REED_PIN, INPUT);
  Wire.begin();
  if(!accel.begin()) {
    Serial.println("ADXL345 not detected");
  }
  accel.setRange(ADXL345_RANGE_16_G);
  sim800.begin(9600);
  gsmInit();
  thing.add_wifi(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  // Печує IoT
  thing["manhole"] >> [](pson &out) {
    out["angleX"] = angleX;
    out["angleY"] = angleY;
    out["angleZ"] = angleZ;
    out["vibration"] = vibration;
    out["lidOpen"] = lidOpen;
    out["alarm"] = alarmState;
  };
}
```

Рисунок 3.2 – Лістинг коду підпрограми `setup()`

На початку виконання підпрограми виконується налаштування режимів роботи цифрових входів, до яких підключені сенсори. Зокрема, для піна, до якого підключений давач вібрації, та піна магнітного давача відкриття люка встановлюється режим `INPUT`. Це дозволяє мікроконтролеру зчитувати логічні сигнали від відповідних сенсорів.

Наступним етапом є ініціалізація інтерфейсу `I2C` за допомогою виклику `Wire.begin()`, який використовується для обміну даними з акселерометром `ADXL345`. Після цього виконується перевірка наявності сенсора за допомогою функції `accel.begin()`. У випадку, якщо акселерометр не відповідає або не підключений, у послідовний порт виводиться повідомлення про помилку.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після успішної ініціалізації акселерометра задається діапазон вимірювання прискорення за допомогою виклику `accel.setRange()`. Вибір максимального діапазону  $\pm 16g$  обґрунтований необхідністю коректного фіксування різких змін положення або ударів, що можуть виникати при несанкціонованому відкритті або пошкодженні каналізаційного люка.

Окрему увагу в підпрограмі приділено ініціалізації GSM-зв'язку. Для цього викликається метод `sim800.begin()`, який встановлює швидкість обміну даними з GSM-модулем SIM800L. Після цього виконується виклик допоміжної функції `gsmInit()`, яка містить набір AT-команд для перевірки готовності модуля, реєстрації в мережі оператора та підготовки до передачі даних або надсилання повідомлень.

Наступним кроком є налаштування підключення до бездротової мережі WiFi за допомогою виклику `thing.add_wifi()`. Це дозволяє мікроконтролеру встановити з'єднання з мережею та забезпечити передачу даних до хмарного середовища. Використання WiFi як основного каналу передачі даних дозволяє зменшити витрати на мобільний зв'язок і забезпечити високу швидкість обміну інформацією.

Завершальним етапом підпрограми є створення ресурсу для IoT платформи. За допомогою конструкції `thing["manhole"]` визначається віртуальний ресурс, який використовується для передачі даних у хмару. У межах цього ресурсу формується структура даних, що містить значення кутів нахилу по трьох осях, стан давача вібрації, стан люка та загальний стан тривоги. Цей підхід дозволяє централізовано передавати всю необхідну інформацію про стан об'єкта моніторингу.

### 3.2.2 Основний цикл обробки даних та реагування на події системи

Підпрограма `loop()` є центральним елементом програмної логіки мікроконтролерної системи, реалізованої на базі NodeMCU, оскільки вона виконується безперервно після завершення ініціалізації та забезпечує циклічну обробку даних, отриманих від сенсорів, а також реагування на потенційно небезпечні події. Саме в цій підпрограмі реалізується основний алгоритм функціонування системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків (рис. 3.3).

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

```

void loop() {
  readSensors();
  if(alarmState) {
    Serial.println("ALARM EVENT");
    sendDataGSM();
  }
  thing["manhole"] >> [](pson &out) {
    out["angleX"] = angleX;
    out["angleY"] = angleY;
    out["angleZ"] = angleZ;
    out["vibration"] = vibration;
    out["lidOpen"] = lidOpen;
    out["alarm"] = alarmState;
  };
  thing.handle();
  delay(5000);
}

```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду підпрограми loop()

На початку кожної ітерації циклу викликається процедура readSensors(), яка виконує зчитування даних з усіх підключених сенсорів. У межах цієї функції здійснюється отримання значень прискорення з акселерометра ADXL345, обчислення кутів нахилу по трьох осях, а також зчитування логічних сигналів із давача вібрації та магнітного давача відкриття люка. На основі цих даних формується поточний стан системи, включаючи визначення факту відкриття люка або наявності стороннього впливу.

Після оновлення даних сенсорів виконується перевірка стану системи за допомогою умовного оператора if. Змінна alarmState встановлюється у функції обробки даних сенсорів у випадку виявлення аварійної ситуації, наприклад, перевищення допустимого кута нахилу, виявлення вібрації або відкриття люка. У разі, якщо ця змінна набуває значення істини, система переходить у режим тривоги.

У режимі тривоги насамперед формується діагностичне повідомлення, яке виводиться у послідовний порт. Далі викликається функція sendDataGSM(), яка відповідає за передачу інформації про аварійну ситуацію через GSM-мережу з використанням модуля SIM800L. Такий підхід забезпечує резервний канал оповіщення навіть у випадку відсутності доступу до Wi-Fi мережі.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступним кроком є виклик методу `thing.handle()`, який забезпечує підтримку активного з'єднання з хмарною IoT платформою Thingier.io. Цей виклик відповідає за обробку мережевих подій, обмін даними з сервером, а також оновлення значень ресурсів, визначених у підпрограмі `setup()`. Таким чином, система підтримує постійний зв'язок із віддаленим середовищем моніторингу та забезпечує актуальність переданої інформації.

Завершальним елементом кожної ітерації циклу є затримка `delay()`, яка встановлює інтервал у 5 секунд між послідовними вимірюваннями та передаванням даних. Це дозволяє зменшити навантаження на мікроконтролер, оптимізувати енергоспоживання системи та уникнути надмірної кількості запитів до IoT платформи. Водночас обраний інтервал є достатнім для оперативного реагування на зміну стану об'єкта моніторингу.

### 3.2.3 Реалізація GSM-зв'язку та передавання даних через HTTP-запити

Важливою складовою програмного забезпечення системи дистанційного контролю є реалізація резервного каналу передачі даних за допомогою GSM-зв'язку, який забезпечується використанням модуля SIM800L. Для цього в програмі передбачено набір функцій, що реалізують ініціалізацію модему, обмін AT-командами та передавання даних на віддалений сервер через HTTP-протокол. Такий підхід дозволяє забезпечити автономність системи та її працездатність навіть за відсутності Wi-Fi з'єднання.

Базовою допоміжною функцією є `sendAT()`, яка використовується для передавання AT-команд до GSM-модуля через програмний послідовний інтерфейс (рис. 3.4).

```
void sendAT(String cmd) {  
    sim800.println(cmd);  
    delay(1000);  
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду підпрограми `sendAT()`

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

У межах цієї функції команда передається за допомогою методу println(), після чого виконується затримка тривалістю 1 секунда для забезпечення часу обробки команди модемом. Використання окремої функції для надсилання команд дозволяє уніфікувати взаємодію з модулем та спростити подальше розширення функціоналу.

Передавання інформації на сервер IoT платформи Thinger.io реалізовано у функції sendDataGSM(). У цій функції використовується HTTP-протокол, який підтримується модулем SIM800L. На початковому етапі викликається команда, яка ініціалізує HTTP-сервіс у модемі. Далі задається контекст підключення, що відповідає активному GPRS-з'єднанню (рис. 3.5).

```
void sendDataGSM() {
    sendAT("AT+HTTPINIT");
    sendAT("AT+HTTTPARA=\"CID\",1");
    String url = "AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://api.thinger.io/v3/users/";
    url += USERNAME;
    url += "/devices/";
    url += DEVICE_ID;
    url += "\"";
    sendAT(url);
    sendAT("AT+HTTPACTION=0");
    delay(5000);
    sendAT("AT+HTTPTERM");
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг коду підпрограми sendDataGSM()

Після цього формується рядок із URL-адресою, який містить шлях до ресурсу на сервері платформи. Адреса формується динамічно шляхом конкатенації імені користувача та ідентифікатора пристрою, що дозволяє адресувати запит до конкретного об'єкта системи. Сформований рядок передається до GSM-модуля через команду, що визначає адресу HTTP-запиту.

Безпосереднє виконання запиту здійснюється за допомогою команди, яка відповідає за виконання HTTP GET-запиту. Після цього передбачено затримку тривалістю 5 секунд, необхідну для обробки запиту та отримання відповіді від сервера. Завершальним етапом є виклик команди, яка завершує роботу HTTP-сервісу та звільняє ресурси модуля.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2.4 Обробка даних акселерометра та обчислення кутів нахилу

У межах програмної реалізації системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків важливу роль відіграє підпрограма `readAccelerometer()`, яка забезпечує зчитування даних із акселерометра ADXL345 та подальше обчислення кутів нахилу об'єкта відносно трьох координатних осей. Ця підпрограма є ключовим елементом для виявлення змін положення люка, що може свідчити про його відкриття, зсув або механічне пошкодження (рис. 3.6).

```
// ----- Зчитування акселерометра -----  
void readAccelerometer() {  
    sensors_event_t event;  
    accel.getEvent(&event);  
    float x = event.acceleration.x;  
    float y = event.acceleration.y;  
    float z = event.acceleration.z;  
    angleX = atan2(x, sqrt(y*y + z*z)) * 180 / PI;  
    angleY = atan2(y, sqrt(x*x + z*z)) * 180 / PI;  
    angleZ = atan2(z, sqrt(x*x + y*y)) * 180 / PI;  
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг коду підпрограми `readAccelerometer()`

На початку виконання підпрограми створюється змінна `event` типу `sensors_event_t`, яка використовується для збереження результатів вимірювання, отриманих від акселерометра. Далі викликається метод `accel.getEvent()`, який ініціює процес зчитування поточних значень прискорення по трьох осях та записує їх у відповідну структуру. Такий підхід дозволяє отримувати дані у стандартизованому форматі, що спрощує їх подальшу обробку.

Після отримання даних із сенсора значення прискорення по кожній осі зчитуються у змінні `x`, `y` та `z`. Ці значення представлені у фізичних одиницях ( $\text{м/с}^2$ ) та відображають проєкції вектора прискорення на відповідні осі координат. У стані спокою основною складовою цього вектора є прискорення вільного падіння, що дозволяє використовувати акселерометр як давач нахилу.

На наступному етапі виконується обчислення кутів нахилу по кожній із осей. Для цього використовуються тригонометричні функції, зокрема функція `atan2()`,

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

яка забезпечує обчислення арктангенса з урахуванням знаків аргументів і дозволяє отримати коректне значення кута в повному діапазоні. Формули обчислення передбачають нормалізацію значень шляхом використання квадратного кореня суми квадратів двох інших компонентів прискорення. Це дозволяє визначити кут нахилу відносно відповідної площини.

Отримані значення кутів у радіанах додатково перетворюються у градуси шляхом множення на коефіцієнт  $180/\pi$ , що робить їх зручнішими для подальшого аналізу та порівняння з пороговими значеннями. Результати обчислень зберігаються у глобальних змінних `angleX`, `angleY` та `angleZ`, які використовуються в інших частинах програми, зокрема для визначення аварійного стану системи.

### 3.2.5 Інтегрована перевірка стану сенсорів та формування ознаки тривоги

Підпрограма `readSensors()` реалізує комплексне зчитування та обробку даних із усіх сенсорних елементів системи, побудованої на базі ESP8266, і виконує ключову функцію — формування логічного стану тривоги на основі аналізу поточних параметрів. Вона виступає центральною ланкою, що об'єднує дані від різномірних датчиків та забезпечує прийняття рішення щодо наявності аварійної ситуації (рис. 3.7).

```
// ----- Перевірка датчиків -----  
void readSensors() {  
    vibration = digitalRead(VIBRATION_PIN);  
    lidOpen = digitalRead(REED_PIN);  
    readAccelerometer();  
    if(abs(angleX) > tiltThreshold ||  
        abs(angleY) > tiltThreshold ||  
        vibration ||  
        lidOpen) {  
        alarmState = true;  
    }  
    else{  
        alarmState = false;  
    }  
}
```

Рисунок 3.7 – Лістинг коду підпрограми `readSensors()`

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

На початковому етапі підпрограми здійснюється зчитування цифрових сигналів із давача вібрації та магнітного давача відкриття люка. Для цього використовуються функції `digitalRead()`, результати яких зберігаються у змінних `vibration` та `lidOpen` відповідно. Значення цих змінних відображають наявність механічного впливу (вібрації) або факт відкриття люка, що є критично важливими індикаторами потенційної небезпеки.

Після цього викликається підпрограма зчитування акселерометра, яка працює з модулем ADXL345 та забезпечує обчислення кутів нахилу по трьох координатних осях. Отримані значення `angleX` та `angleY` використовуються для визначення відхилення люка від нормального положення. Інтеграція даних акселерометра з цифровими сигналами інших давачів дозволяє реалізувати надійний та інформативний контроль стану об'єкта.

Далі у підпрограмі реалізовано логічну перевірку умов виникнення аварійної ситуації. Зокрема, використовується складений умовний оператор, який перевіряє, чи перевищує абсолютне значення кута нахилу по осях X або Y встановлений поріг `tiltThreshold`, або ж чи зафіксовано вібрацію чи відкриття люка. Використання функції `abs()` дозволяє враховувати відхилення у будь-якому напрямку, що підвищує точність виявлення небезпечних станів.

У випадку, якщо хоча б одна з умов виконується, змінній `alarmState` присвоюється значення істини, що сигналізує про наявність тривожної події. В іншому випадку система переходить у нормальний режим роботи, і змінна `alarmState` встановлюється у хибне значення. Такий підхід забезпечує просту, але ефективну логіку прийняття рішень, яка може бути легко розширена або модифікована при необхідності.

### 3.3 Налаштування хмарної IoT платформи Thingier.io для реалізації системи дистанційного контролю каналізаційних люків

Для забезпечення віддаленого моніторингу технічного стану каналізаційних люків у даній системі була використана хмарна платформа Thingier.io, яка

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує збір, зберігання, обробку та візуалізацію даних, що надходять від пристроїв Інтернету речей. На початковому етапі налаштування платформи було створено новий IoT-пристрій у панелі керування системою. У відповідному розділі керування пристроями було додано новий запис із зазначенням унікального ідентифікатора пристрою, який відповідає мікроконтролерному модулю системи. Також було сформовано унікальний ключ автентифікації (Device Credential), який надалі використовувався у програмному коді мікроконтролера для встановлення захищеного з'єднання з хмарним сервісом.

Після створення пристрою було виконано налаштування його параметрів підключення. У конфігурації пристрою було визначено тип підключення, що відповідає мікроконтролерним модулям на базі ESP8266. Отримані параметри — ім'я користувача платформи, ідентифікатор пристрою та ключ доступу — були інтегровані у програмний код мікроконтролера. Завдяки цьому при запуску системи мікроконтролер встановлює з'єднання з сервером платформи та може передавати дані сенсорів.

На наступному етапі було створено ресурси пристрою (Resources), які визначають структуру даних, що передаються системою. Для цього було сформовано програмний ресурс, що містить параметри моніторингу стану каналізаційного люка. До складу цього ресурсу було включено такі параметри:

- кут нахилу люка по осях X, Y та Z, отриманий з акселерометра;
- стан магнітного давача відкриття люка;
- сигнал виявлення вібрації;
- загальний стан тривоги системи.

Визначення цих параметрів дозволило структуровано передавати дані з мікроконтролера до платформи та використовувати їх для подальшої візуалізації і аналізу.

Після створення ресурсу було виконано налаштування системи зберігання даних. Для цього у відповідному розділі платформи було створено окреме сховище даних, призначене для накопичення інформації про стан каналізаційного люка. У конфігурації сховища було визначено структуру записів, що включала значення

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

кутів нахилу, стан давачів та часову мітку кожного вимірювання. Це дозволило забезпечити історичне зберігання даних та можливість подальшого аналізу змін технічного стану люка.

Далі було виконано налаштування візуалізації даних за допомогою інструментів створення інформаційних панелей (рис. 3.8). Для цього було створено нову панель моніторингу, на якій розміщено кілька віджетів. Зокрема, були використані такі типи віджетів:

- графічні індикатори для відображення поточних кутів нахилу люка;
- індикатори стану для сигналізації відкриття люка;
- індикатор вібраційного впливу;
- текстове повідомлення або світловий індикатор для відображення аварійного стану системи.

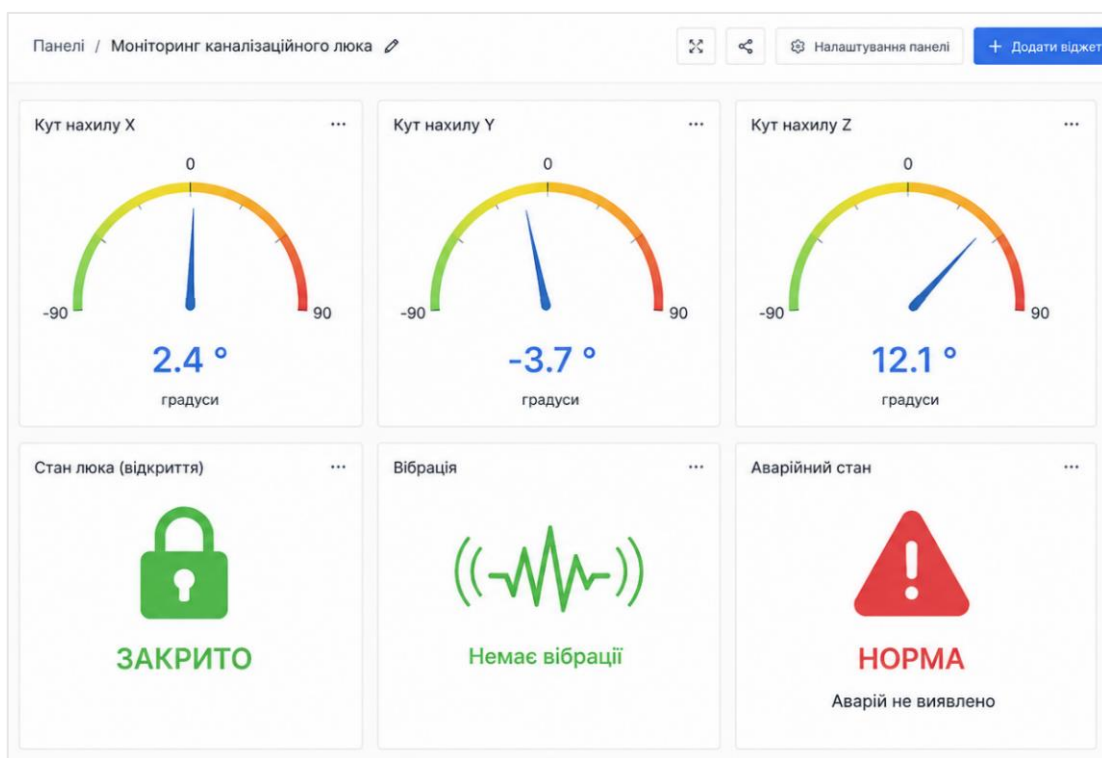


Рисунок 3.8 – Створення віджетів у Thingier.io

Завдяки використанню цих елементів інтерфейсу було забезпечено наочне відображення поточного стану контролюваного об'єкта. У разі виникнення аварії оператор може швидко визначити характер події та прийняти відповідні рішення.

На завершальному етапі налаштування було виконано тестування взаємодії мікроконтролера з хмарною платформою. Для цього було завантажено ПЗ у мікроконтролерний модуль та здійснено запуск системи. Після встановлення з'єднання з сервером платформи було перевірено передачу тестових даних від сенсорів. Під час тестування імітувалися різні ситуації, зокрема зміна положення люка, відкриття кришки та виникнення вібрацій. Усі ці події успішно фіксувалися системою та відображалися на інформаційній панелі платформи.

У результаті проведеного налаштування хмарної IoT-платформи було забезпечено повноцінну інтеграцію апаратної частини системи з програмною інфраструктурою віддаленого моніторингу. Це дозволило реалізувати функції централізованого збору даних, їх зберігання, візуалізації та оперативного контролю технічного стану каналізаційних люків. Таке рішення значно підвищує ефективність експлуатації інженерних мереж міської інфраструктури та дозволяє своєчасно реагувати на небезпечні ситуації, пов'язані з відкриттям або пошкодженням каналізаційних люків.

### 3.4 Результати моделювання та тестування системи

На етапі розробки комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків було проведено моделювання її роботи у спеціалізованому середовищі проектування електронних схем. Це дозволило створити віртуальну модель системи, перевірити правильність підключення всіх компонентів та оцінити працездатність розробленої електронної схеми до виготовлення фізичного прототипу. Моделювання також дало змогу виявити можливі помилки у з'єднаннях елементів та оптимізувати структуру системи.

На початковому етапі моделювання було створено електричну схему, яка включала основні компоненти системи. Центральним елементом моделі виступав мікроконтролерний модуль NodeMCU, до якого було підключено сенсорні та комунікаційні модулі системи. До складу схеми було додано акселерометр ADXL345, давач вібрації SW-520D, магнітний давач відкриття люка KY-025, а

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>51</i>

також GSM-модуль SIM800L. У моделі також було реалізовано систему живлення, що включала літій-іонний акумулятор 18650 та зарядний модуль TP4056.

Після створення структури електричної схеми було виконано налаштування з'єднань між компонентами відповідно до розробленої принципової схеми. Зокрема, акселерометр було підключено до мікроконтролера через інтерфейс I<sup>2</sup>C, що забезпечує обмін даними по двох лініях – тактовій та лінії передачі даних. Давачі SW-520D та KY-025 було підключено до цифрових входів мікроконтролера для реєстрації зміни їх логічного стану. GSM-модуль було підключено до послідовного інтерфейсу UART для передачі даних до мережі мобільного зв'язку (рис. 3.9).

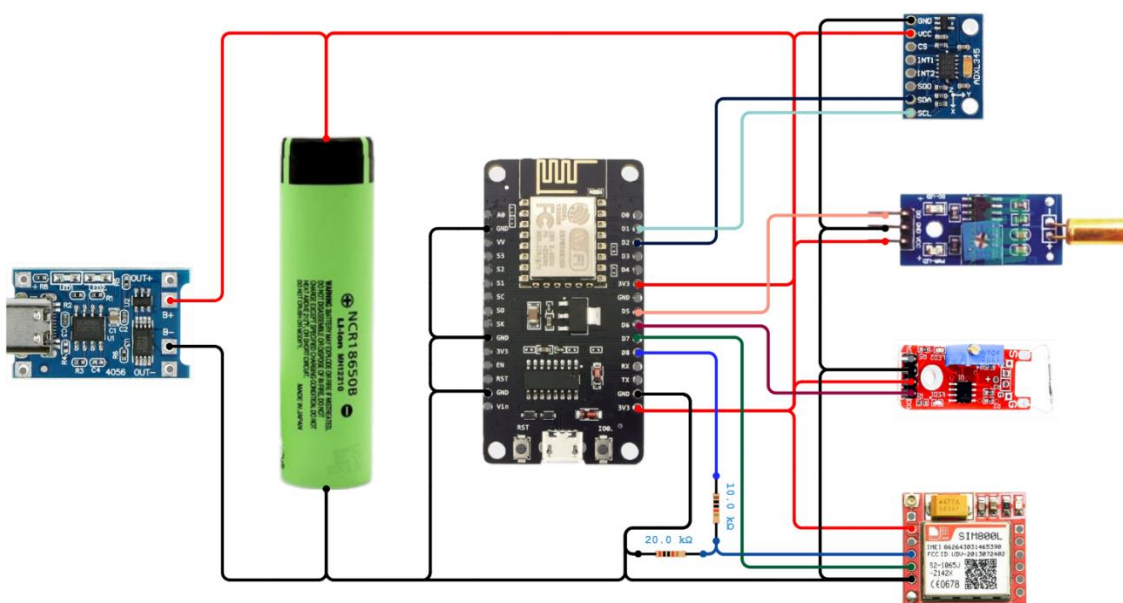


Рисунок 3.9 – Модель системи контролю стану каналізаційних люків

Після завершення побудови електронної моделі було виконано перевірку її працездатності шляхом моделювання різних режимів роботи системи. У процесі моделювання імітувалися зміни положення каналізаційного люка, що призводили до зміни показів акселерометра. При перевищенні встановлених порогових значень кута нахилу система генерувала відповідний сигнал тривоги. Також моделювалися ситуації відкриття люка шляхом зміни стану давача KY-025. У таких випадках система реєструвала факт відкриття та формувала повідомлення для передачі у віддалену систему моніторингу.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Окрему увагу було приділено перевірці реакції системи на механічні впливи. Для цього у моделі було змінено стан давача SW-520D, що дозволило імітувати виникнення вібрацій або ударів по кришці люка. Під час моделювання було підтверджено, що система коректно реєструє такі події та передає відповідний сигнал до мікроконтролера для подальшої обробки.

Після завершення моделювання та перевірки електричної схеми було виконано розробку фізичного прототипу системи. Для цього всі компоненти були змонтовані на макетній платі з використанням з'єднувальних провідників.

На першому етапі тестування фізичного прототипу було перевірено правильність підключення та працездатність кожного окремого модуля. Було виконано тестове зчитування даних з акселерометра ADXL345 для перевірки коректності роботи інтерфейсу I<sup>2</sup>C. У процесі тестування було встановлено, що модуль стабільно передає значення прискорення по трьох осях, на основі яких програмно визначається кут нахилу люка.

На наступному етапі було перевірено роботу магнітного давача відкриття KY-025. Для цього магніт було наближено до геркона та віддалено від нього, що дозволило імітувати закритий та відкритий стан люка. У процесі тестування було підтверджено, що мікроконтролер коректно фіксує зміну стану давача та формує відповідне повідомлення.

Далі було проведено перевірку роботи давача нахилу та вібрації SW-520D. Для цього виконувалося механічне струшування прототипу пристрою, що імітувало виникнення вібрацій або ударів по люку. У результаті тестування було встановлено, що давач оперативно реагує на такі впливи та передає сигнал до мікроконтролера.

Окремим етапом тестування стала перевірка функціонування модуля бездротового зв'язку SIM800L. Було виконано ініціалізацію GSM-модуля, перевірено реєстрацію у мережі мобільного оператора та протестовано передачу даних до віддаленої IoT-платформи Thinger.io. У процесі тестування система успішно передавала дані сенсорів до хмарної платформи, де вони відображалися на інформаційній панелі моніторингу.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Долікарська допомога при переломах

Перелом — це порушення цілісності кістки. Розрізняють закриті переломи, коли не відбувається пошкодження шкіри, та відкриті, коли зламана кістка виходить назовні.

Ознаками перелому є біль постійний чи такий, що виникає в разі навантаження на ушкоджену кінцівку або при обмацуванні місця перелому, неможливість рухів в ушкодженій ділянці, зміна форми частини тіла (кінцівки) в ділянці перелому, крововиливи, ненормальна рухомість кістки в місці перелому.

Загальний стан потерпілого залежить від характеру перелому і може бути досить важким (особливо в разі переломів кісток черепа, таза, стегна), часто підвищується температура тіла.

Ознаки перелому можуть бути відсутні. Коли є підозра на перелом, пошкодження слід розцінювати як перелом і надавати потерпілому відповідну допомогу.

Допомога полягає в забезпеченні повного спокою пошкодженої частини тіла (кінцівки) та усуненні рухомості уламків кісток у місці перелому. Для цього потрібно іммобілізувати пошкоджену частину тіла, тобто зробити її нерухомою. Це досягається накладанням утримуючої пов'язки або ще краще — транспортної шини. Стандартні готові шини бувають металеві (дротяні чи з сітки) та дерев'яні. Для транспортної іммобілізації найкраще користуватися готовими стандартними шинами, в разі їх відсутності шини виготовляють самі, їх можна зробити з будь-яких матеріалів або предметів, які можна знайти на місці нещасного випадку — палиці, дошки, дранки, кори дерева, очерету. Головна вимога — достатня довжина та міцність шини.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Лазута А.М.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Паламар А.М.</i>					54	6
<i>Консульт.</i>		<i>Сенчишин В.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

Шини найкраще накладати на оголене тіло, але якщо зняття одягу завдає біль чи створює інші проблеми, можна накласти шину поверх одягу. У випадку накладання на оголену частину тіла шину потрібно обгорнути ватою чи тканиною, особливо там, де вона прилягає до виступів кісток. Шина повинна щільно прилягати до пошкодженої частини тіла.

Основне правило іммобілізації більшості переломів — накладена шина повинна одночасно охоплювати не менше ніж два суглоби — вище та нижче від місця перелому. У разі відкритого перелому місце навколо рани змазують йодом, на рану накладають стерильну пов'язку і потім накладають шину. Тільки після накладання транспортної шини потерпілого з переломом кісток можна перевозити в медичний заклад [32].

Переломи деяких кісток вимагають особливого підходу до надання першої допомоги. Переломи ключиці виникають від удару, а також від падіння вперед чи на витягнуту руку. Ознаками перелому ключиці є: біль у місці перелому, ключиця стає мовби коротшою, плече і вся рука приспущені донизу, рухи руки обмежені. Для надання долікарської допомоги при переломі ключиці в пахвову ямку кладуть великий жмут щільно скрученої вати, руку згинають у лікті під прямим кутом і щільно прибинтовують до тулуба, передпліччя підвішують на косинці до шиї.

Переломи ребер виникають в результаті ударів чи в разі здавлювання грудної клітини. Одночасно можливе пошкодження внутрішніх органів. Ознаками переломів ребер є: різко виражений біль у місці перелому, що посилюється під час вдихання повітря, кашлю, рухах грудної клітини. Коли одночасно пошкоджена плевра та легені, під шкірою скупчується повітря (підшкірна емфізема). В таких випадках під час прощупування під шкірою відчувається потріскування бульбашок повітря. Інколи спостерігається відхаркування крові [32].

Для надання долікарської допомоги при переломі ребра слід накласти тугу пов'язку навколо нижньої частини грудної клітини з метою обмеження її рухливості під час дихання. Для зменшення болю можна дати потерпілому знеболювальну таблетку. Перевозити потерпілого необхідно сидячи.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

Переломи хребта надзвичайно небезпечні, особливо в тих випадках, коли пошкоджується спинний мозок. Такі переломи можливі в результаті падіння з висоти чи притискання важким предметом. Ознаками перелому хребта є: різкий біль в ділянці виступаючих позаду відростків, неможливість рухів в ділянці хребта. Коли внаслідок перелому пошкоджено спинний мозок, то спостерігається параліч кінцівок, втрата чутливості тіла нижче місця перелому, розлад функцій тазових органів (затримка сечі та калу).

Для надання долікарської допомоги при переломі хребта потерпілого необхідно дуже обережно піднімати та переносити. Не допускати згинання хребта, тому що в цьому випадку можна пошкодити спинний мозок. Найважливіше — забезпечити нерухомість хребта. Для цього потерпілого кладуть на ноші з жорсткою поверхнею в положенні на животі; під плечі та голову підкладають валик. Для того щоб покласти потерпілого на ноші, спершу потрібно обережно повернути його вниз животом, а потім двоє-троє людей одночасно піднімають його і кладуть на ноші, не допускаючи при цьому згинання хребта. Можна перед тим, як піднімати потерпілого, підкласти під нього дошку [33].

При переломі шийної частини хребта голову у потерпілого, який перебуває в положенні лежачи, фіксують ватною пов'язкою у вигляді нашійника або великої підкови довкола голови, а потім кладуть його на ноші.

Переломи кісток тазу виникають від сильного стискання тазу, наприклад, між стіною та транспортним засобом, що рухається, а також під час падіння з висоти. Переломи нерідко супроводжуються пошкодженням тазових органів (сечового міхура, прямої кишки та інших). Ознаками перелому кісток тазу є те, що потерпілий не може стояти, ходити, а лежачи — не може підняти витягнуту ногу; в місці перелому з'являється припухлість, сильні болі, крововиливи в пахову ділянку та порожнину. Як правило, потерпілий лежить в позі «жабки», на спині з розведеними напівзігнутими ногами. Такі переломи здатні викликати дуже тяжкий загальний стан (шок) [33].

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для надання долікарської допомоги при переломі кісток тазу потерпілого потрібно покласти на жорсткі ноші обличчям догори, його ногам надати положення «жабки», для чого під коліна підкласти товсті валики. Широким рушником чи простирадлом стягнути таз та верхні частини стегон і терміново доставити потерпілого в медичний заклад.

Перелом кісток черепа, як правило, супроводжується пошкодженням м'яких тканин голови та головного мозку. Для надання долікарської допомоги потерпілого з будь-якою травмою черепа, яка супроводжується загальним розладом, необхідно обережно доставити в медичний заклад. Непритомність потерпілого не є перешкодою для транспортування.

Працівники, які використовуватимуть комп'ютерну систему дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків, повинні знати правила надання долікарської допомоги при переломах.

#### 4.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом

Електробезпека охоплює сукупність організаційних та технічних заходів, спрямованих на захист людей від шкідливої та небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики. Першим і найважливішим із них є забезпечення ізоляції струмопровідних частин обладнання, причому передбачена як базова робоча ізоляція, так і випадки застосування подвійної чи посиленої ізоляції для підвищеної надійності. Матеріали та конструктивні рішення, що утворюють захисні бар'єри або огороження, а також розташування електропроводки на висоті й у захищених каналах, гарантують відсутність випадкового контакту з оголеними провідниками навіть за ослаблення первинної ізоляції [34].

Установка та експлуатація електроустаткування регламентуються державними стандартами і правилом «Правила улаштування електроустановок», які визначають норму максимально допустимої напруги на доступних частинах, а

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також категорії приміщень залежно від рівня небезпеки. В умовах підвищеної небезпеки та особливо небезпечних приміщень використовують малу напругу (до 42 В), яка стає найбільш ефективним засобом зниження ризику ураження. Для ручного інструменту і портативних світильників часто застосовують трансформатори, що знижують напругу до 12 чи 36 В, при цьому вторинні обмотки таких трансформаторів заземлюють або зрівнюють потенціали їх середніх точок, аби унеможливити перенесення високої напруги у разі пробією ізоляції.

Захисне заземлення і занулення є ключовими колективними заходами безпеки. Перший метод полягає в свідомому з'єднанні металевих частин, які не повинні перебувати під напругою, з землею чи її еквівалентом. Це створює шлях найменшого опору для струму витіку й оберігає людину від ураження, оскільки величина потенційної різниці на корпусі, навіть у випадку пробією, залишається безпечною [34].

Захисне вимкнення доповнює систему заземлення й занулення і реалізується через реле або пристрої захисного відключення, які виявляють зміну струму або напруги (замикання на землю, зниження опору ізоляції, торкання людини тощо) та розмикають коло живлення за мілісекунди.

Для безпечного виконання робіт підвищеної небезпеки застосовують індивідуальні засоби захисту: діелектричні рукавички, калоші й килимки, інструменти з ізольованими ручками, ізоляційні штанги та кліщі. Всі ці засоби перед використанням проходять періодичні випробування змінним струмом частотою 50 Гц — від півроку для рукавичок до трьох років для діелектричних черевиків — із наступним маркуванням тих, що витримали тест [34].

Якість і надійність усіх видів захисту підтримується постійним технічним контролем: вимірюванням опору заземлювальних пристроїв, перевіркою цілісності та опору ізоляції силових і освітлювальних мереж за допомогою мегометрів, а також оглядами захисних огорожень і функціональних випробувань пристроїв захисного вимкнення. Недотримання цих правил може призвести до трагічних наслідків [34].

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						58
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Комплексний підхід до електробезпеки — від ретельної ізоляції та застосування малої напруги до систем заземлення, занулення, захисного вимкнення та регулярного контролю технічного стану — гарантує мінімізацію ризиків ураження електричним струмом і забезпечує безпечну експлуатацію електроустановок.

Працівники, які використовуватимуть комп'ютерну систему дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків, повинні дотримуватися заходів щодо захисту від ураження електричним струмом.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютерну систему дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків на основі IoT технологій, яка забезпечує автоматичний моніторинг їхнього стану та передачу інформації до віддаленої хмарної платформи.

У ході виконання роботи було досліджено можливі сфери застосування систем дистанційного контролю інженерної інфраструктури, а також проаналізовано особливості експлуатації каналізаційних люків у міських умовах. На основі цього було сформовано перелік функціональних вимог до системи моніторингу та визначено основні параметри, що підлягають контролю.

Виконано огляд існуючих технічних рішень для контролю технічного стану каналізаційних люків та інших об'єктів міської інфраструктури. У результаті аналізу було встановлено їхні основні недоліки, зокрема обмежену функціональність, високу вартість або складність впровадження. Це обґрунтувало доцільність розробки власної системи на базі сучасних мікроконтролерних технологій та платформ Інтернету речей.

Розроблено структуру комп'ютерної системи та обрано її апаратні компоненти. Центральним елементом системи став мікроконтролерний модуль NodeMCU, до якого було підключено акселерометр, давач вібрації, магнітний давач відкриття та GSM-модуль, що забезпечує передачу даних до хмарної IoT-платформи Thinger.io.

Створено електричну принципову схему системи, алгоритм її роботи та ПЗ мікроконтролера, яке забезпечує збір даних із сенсорів, аналіз технічного стану каналізаційного люка та передачу інформації до віддаленого сервера моніторингу. Реалізований алгоритм дозволяє виявляти відкриття люка, зміну його положення або виникнення механічних впливів.

На завершальному етапі було проведено моделювання роботи системи та виконано тестування фізичного прототипу пристрою.

					<i>КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>60</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aly H.H., Soliman A.H., Mouniri M. Towards a fully automated monitoring system for Manhole Cover: Smart cities and IOT applications. In 2015 IEEE first international smart cities conference (ISC2), 2015. P. 1-7.
2. Guo X., Liu B., Wang L. Design and implementation of intelligent manhole cover monitoring system based on NB-IoT. In 2019 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), 2019. P. 207-210).
3. Li J., Qiao Y., Ma H., Mao X. Design of City Manhole Cover Monitoring System Based on NB-IoT. In 2024 IEEE 7th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), 2024. Vol. 7, P. 870-874.
4. Aly H.H., Soliman A.H., Mouniri M. Towards a fully automated monitoring system for Manhole Cover: Smart cities and IOT applications. In 2015 IEEE first international smart cities conference (ISC2), 2015. P. 1-7.
5. Інфраструктура онлайн: «Хмельницькводоканал» моніторить люки через мережу LoRaWAN. URL: <https://khm.gov.ua/content/infrastruktura-onlayn-hmelnyskvodokanal-monitoryt-lyuky-cherez-merezhu-lorawan> (дата звернення: 08.04.2026).
6. 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.
7. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
8. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018. 740 с.
9. 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.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

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

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі ІоТ. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей Х міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24–25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

19. 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.

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. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. Palamar A., Karpinskyu 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.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

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

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

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

33. Яким Р.С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. Львів: Бекиб Біг, 2005.

34. Ткачук К.Н., Халімовський Н.О. Основи охорони праці. К. : Основа, 2006. 448 с.

					КС КРБ 123.268.00.00 ПЗ	Арк.
						64
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.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ  
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ЛЮКІВ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на  8  листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н. Паламар А.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-41

\_\_\_\_\_ Лазута А.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

Тернопіль 2026

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютерна система дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.268.00.00.

### 1.2 Виконавець

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

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/9-189 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 комп'ютерної системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проектування є групи діючих стандартів ДСТУ, ISO, ЄСКД та ЕСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Комп'ютерна система призначена для автоматизованого дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків шляхом безперервного або періодичного збору інформації про їхній стан і передавання цієї інформації до централізованої інформаційної системи. Система має забезпечувати своєчасне виявлення небезпечних або нештатних ситуацій, таких як відкриття люка, його зміщення, пошкодження або спроби несанкціонованого доступу.

### 2.2 Мета створення системи

Метою створення системи є підвищення рівня безпеки міської інфраструктури та ефективності експлуатації каналізаційних мереж за рахунок впровадження комп'ютерного IoT-рішення, яке забезпечує оперативний

моніторинг, автоматичну фіксацію подій та дистанційний доступ до актуальної інформації про стан об'єктів.

### 2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом контролю є каналізаційні люки, розташовані на проїзних частинах доріг, тротуарах, промислових і житлових зонах. Ці об'єкти експлуатуються в умовах впливу атмосферних чинників, механічних навантажень і вібрацій, що зумовлює підвищені вимоги до надійності та стійкості технічних засобів системи.

## 3 Вимоги до системи

### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Система повинна бути модульною, масштабованою та придатною до експлуатації в реальних умовах міського середовища. Архітектура системи має забезпечувати взаємодію між вбудованими пристроями, каналами зв'язку та серверною частиною без суттєвих затримок і втрат даних. Система повинна функціонувати з мінімальним втручанням обслуговуючого персоналу.

#### 3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структурно система має складатися з таких основних компонентів:

- вбудованих пристроїв збору даних, встановлених на каналізаційних люках;
- бездротових каналів передавання інформації;
- серверної або хмарної IoT-платформи;
- клієнтського інтерфейсу для відображення та аналізу даних.

Функціонування системи повинно забезпечувати коректну роботу всіх компонентів у складі єдиного інформаційного комплексу з можливістю централізованого керування.

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

Передавання даних між вбудованими пристроями та серверною частиною повинно здійснюватися з використанням бездротових технологій зв'язку, сумісних із концепцією Інтернет речей. Обрані засоби зв'язку мають забезпечувати достатню дальність, енергоефективність і стійкість до завад. Протоколи передавання даних повинні підтримувати надійність доставки, захист інформації та можливість масштабування системи.

### 3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна підтримувати декілька режимів роботи, зокрема:

- нормальний режим моніторингу з періодичним передаванням даних;
- режим сповіщення, у якому здійснюється негайна передача повідомлень у разі виявлення аварійної ситуації;
- режим енергозбереження для зменшення споживання електроенергії;
- сервісний режим для налаштування, тестування та діагностики.

### 3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Архітектура системи повинна передбачати можливість подальшого розвитку та модернізації без суттєвих змін базової структури. Зокрема, система має допускати:

- підключення додаткових типів сенсорів;
- інтеграцію з іншими міськими інформаційними системами;

- розширення функціональних можливостей програмного забезпечення;
- масштабування кількості контрольованих об'єктів.

### 3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна характеризуватися високою надійністю та стійкістю до зовнішніх впливів. Вбудовані пристрої мають забезпечувати стабільну роботу в умовах перепадів температури, вологості та механічних навантажень. У разі тимчасової втрати зв'язку система повинна зберігати дані для подальшого передавання.

Показники надійності системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,8 %.

### 3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Основними функціями системи є:

- збір даних про технічний стан каналізаційних люків;
- передавання зібраної інформації до IoT-платформи;
- обробка та збереження даних;
- візуалізація інформації у зручному для користувача вигляді;
- формування сповіщень у разі виявлення нештатних ситуацій.

Система повинна забезпечувати виконання зазначених задач у режимі, близькому до реального часу.

### 3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення системи повинно базуватися на сучасних мікроконтролерних платформах із підтримкою бездротового зв'язку. Сенсорні

елементи мають забезпечувати необхідну точність і стабільність вимірювань. Усі апаратні компоненти повинні мати низьке енергоспоживання та бути придатними для тривалої автономної роботи.

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.	Робота над четвертим розділом «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	27.06.2026

## 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 системи дистанційного контролю технічного стану каналізаційних люків.

```
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ThingyESP8266.h>
#include <Adafruit_ADXL345_U.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "secret.h"

ThingyESP8266 thing(USERNAME, DEVICE_ID, DEVICE_CREDENTIAL);
// ----- SIM800L -----
SoftwareSerial sim800(13, 15);
// D7 RX, D8 TX
// ----- ADXL345 -----
Adafruit_ADXL345_Unified accel = Adafruit_ADXL345_Unified(12345);
// ----- Пini -----
#define VIBRATION_PIN D5
#define REED_PIN D6
// ----- Попори -----
float tiltThreshold = 30.0;
bool alarmState = false;
// ----- Дані -----
float angleX = 0;
float angleY = 0;
float angleZ = 0;
bool vibration = false;
bool lidOpen = false;

// ----- SETUP -----
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(VIBRATION_PIN, INPUT);
  pinMode(REED_PIN, INPUT);
  Wire.begin();
  if(!accel.begin()) {
    Serial.println("ADXL345 not detected");
  }
  accel.setRange(ADXL345_RANGE_16_G);
  sim800.begin(9600);
  gsmInit();
  thing.add_wifi(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  // Ресурс IoT
  thing["manhole"] >> [](pson &out) {
    out["angleX"] = angleX;
    out["angleY"] = angleY;
```

```

        out["angleZ"] = angleZ;
        out["vibration"] = vibration;
        out["lidOpen"] = lidOpen;
        out["alarm"] = alarmState;
    };
}

// ----- LOOP -----
void loop() {
    readSensors();
    if(alarmState) {
        Serial.println("ALARM EVENT");
        sendDataGSM();
    }
    thing["manhole"] >> [](pson &out) {
        out["angleX"] = angleX;
        out["angleY"] = angleY;
        out["angleZ"] = angleZ;
        out["vibration"] = vibration;
        out["lidOpen"] = lidOpen;
        out["alarm"] = alarmState;
    };
    thing.handle();
    delay(5000);
}

// ----- GSM функції -----
void sendAT(String cmd) {
    sim800.println(cmd);
    delay(1000);
}

void gsmInit() {
    sendAT("AT");
    sendAT("AT+CFUN=1");
    sendAT("AT+CPIN?");
    sendAT("AT+CREG?");
    sendAT("AT+CGATT=1");
    sendAT("AT+CSTT=\"internet\"");
    sendAT("AT+CIICR");
    sendAT("AT+CIFSR");
}

// ----- Надсилання HTTP -----
void sendDataGSM() {
    sendAT("AT+HTTPINIT");
    sendAT("AT+HTTTPARA=\"CID\",1");
    String url =
"AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://api.thinger.io/v3/users/";
    url += USERNAME;
    url += "/devices/";
    url += DEVICE_ID;
    url += "\"";
}

```

```

    sendAT(url);
    sendAT("AT+HTTPACTION=0");
    delay(5000);
    sendAT("AT+HTTPTERM");
}

// ----- Зчитування акселерометра -----
void readAccelerometer() {
    sensors_event_t event;
    accel.getEvent(&event);
    float x = event.acceleration.x;
    float y = event.acceleration.y;
    float z = event.acceleration.z;
    angleX = atan2(x, sqrt(y*y + z*z)) * 180 / PI;
    angleY = atan2(y, sqrt(x*x + z*z)) * 180 / PI;
    angleZ = atan2(z, sqrt(x*x + y*y)) * 180 / PI;
}

// ----- Перевірка датчиків -----
void readSensors() {
    vibration = digitalRead(VIBRATION_PIN);
    lidOpen = digitalRead(REED_PIN);
    readAccelerometer();
    if(abs(angleX) > tiltThreshold ||
        abs(angleY) > tiltThreshold ||
        vibration ||
        lidOpen) {
        alarmState = true;
    }
    else{
        alarmState = false;
    }
}
}

```