

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ

Група КІ-22-1

Шимський Ростислав

2026

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Шимський Ростислав Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.415
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка мікроконтролерної системи виявлення протікання води на основі ATmega328
(назва роботи)

Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

123 – комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач освітнього ступеня _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник _____

Заячук Ярослав Іванович, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КСМ

(посада)

С. І. Мельничук

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут Інформаційних технологій

Кафедра Комп'ютерних систем та мереж

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітній рівень бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою КСМ

С. І. Мельничук

“ ” 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Шимському Ростиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дипломної роботи “Розробка мікроконтролерної системи виявлення протікання води на основі ATmega328”

Керівник роботи Заячук Ярослав Іванович

затверджена наказом по університету від “21.04.2026” № 180/7

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 11.06.2026

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали та результати, отримані під час проходження переддипломної практики, методичні вказівки, технічна література

4. Зміст розрахунково - пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Аналіз технологій виявлення протікання води

Розроблення структури мікроконтролерної системи

Реалізація проектних рішень

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

6. Консультанти по дипломній роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 02 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення теми дипломної роботи	02.02.26 – 10.02.26	Виконано
2	Збір інформації. Дослідження предметної області	11.02.26 – 28.02.26	Виконано
3	Формування першого розділу пояснювальної записки	01.03.26 – 31.03.26	Виконано
4	Формування другого розділу пояснювальної записки	01.04.26 – 30.04.26	Виконано
5	Формування третього розділу пояснювальної записки	01.05.26 – 31.05.26	Виконано
6	Оформлення роботи	01.06.26 – 10.06.26	Виконано

Студент

(підпис)

Шимський Р. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Заячук Я. І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена створенню системи, що забезпечує виявлення витоків і запобігання аварійним ситуаціям. Проведений аналіз сучасних рішень показав доцільність застосування бездротових технологій передавання даних та IoT-підходів.

Розроблено структурну й функціональну організацію системи, а також електричну принципову схему керуючого модуля. Обґрунтовано вибір елементної бази з урахуванням актуальних компонентів і вимог до енергоефективності та надійності. Описано принцип роботи пристрою, особливості підключення складових і алгоритм функціонування.

Створене програмне забезпечення забезпечує збір, обробку даних і оперативне сповіщення користувача про аварійні події.

МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАВАЧ, ПРОТІКАННЯ ВОДИ, ПРОГРАМНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ABSTRACT

The thesis is devoted to the development of a system that ensures leak detection and prevention of emergency situations. The analysis of modern solutions has demonstrated the feasibility of using wireless data transmission technologies and IoT approaches.

The structural and functional organization of the system has been developed, along with the electrical schematic of the control module. The selection of components has been justified, taking into account current technologies as well as requirements for energy efficiency and reliability. The operating principle of the device, features of component integration, and the system's functional algorithm are described.

The developed software provides data acquisition, processing, and real-time user notification of emergency events.

MICROCONTROLLER, SENSOR, WATER LEAKAGE, SOFTWARE

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ РІШЕНЬ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ ПРОТІКАННЯ ВОДИ. 7	
1.1 Аналіз вимог до системи	7
1.2 Аналіз існуючих рішень запобігання протікання води.....	9
1.3 Мікроконтролери та сенсори у системах виявлення протікання.....	13
1.4 Постановка завдання.....	20
2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ	21
2.1 Структура системи контролю протікання води	21
2.2 Апаратне забезпечення мікроконтролерної системи	24
2.3 Проєктування електричної принципової схеми системи.....	31
2.4 UML-діаграми системи.....	33
2.5 Висновки до розділу	36
3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ.....	37
3.1 Алгоритм роботи системи	37
3.2 Налаштування програмного забезпечення	39
3.3 Тестування системи	45
3.4 Висновки до розділу	49
ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	51
Додатки	

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шимський Р. О.			Розробка мікроконтролерної системи виявлення протікання води на основі ATmega328	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Заячук Я.І.					3	53
Реценз.						ІФНТУНГ, КІ-22-1		
Н. Контр.		Лазарів А.М.						
Затверд.		Мельничук С.І.						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IoT – Internet of Things

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

БЖ – блок живлення

КС – комп'ютеризована система

МК – мікроконтролер

ПЗ – програмне забезпечення

ПК – персональний комп'ютер

СКПВ – система контролю протікання води

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

У наш час дедалі більшої ваги набуває розроблення технологічних рішень, здатних оперативно реагувати на різні аварійні події та надзвичайні обставини. Серед поширених загроз особливе місце займає затоплення будівель і кімнат, що часто виникає через витоки води або пошкодження інженерних мереж. За оцінками страхових компаній, навіть у попередні роки подібні інциденти спричиняли сотні тисяч звернень щодо компенсацій; зокрема, у 2020 році було зафіксовано понад 250 тисяч виплат на суму, що перевищила 9 мільярдів доларів [1,2]. Водночас станом на 2024–2026 роки спостерігається подальше зростання фінансових втрат через зношеність інфраструктури та збільшення кількості побутових систем водопостачання, що лише підсилює актуальність проблеми.

Актуальність теми дослідження. Згідно з інформацією Міністерства розвитку громад та територій України, у 2020 році було зафіксовано понад 30 тисяч випадків затоплення житлових і нежитлових приміщень, спричинених аваріями водопровідних мереж. У наступні роки тенденція залишалася стабільно високою, а в окремих регіонах навіть спостерігалось зростання через старіння трубопроводів та підвищене навантаження на системи водопостачання. Такі статистичні дані підтверджують серйозність проблеми та необхідність впровадження сучасних технологій для своєчасного виявлення витоків і запобігання аваріям. Це обумовлює потребу у створенні ефективних інтелектуальних систем, здатних мінімізувати ризики та зменшити матеріальні збитки. Отже, розроблення автоматизованої системи моніторингу витоків води та захисту від затоплення є важливим і актуальним завданням.

Метою дипломного проектування є розробка мікроконтролерної системи яка забезпечить своєчасне виявлення місць витоку води і автоматичне реагування для запобігання затопленню.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

– провести детальний огляд існуючих систем;

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

- спроектувати апаратну частину, включаючи розроблення структурної та електричної принципової схем;
- створити алгоритм функціонування системи виявлення витоків і запобігання затопленню;
- розробити програмне забезпечення для реалізації алгоритму з використанням мікроконтролерної платформи;
- здійснити експериментальну перевірку системи.

Об'єктом дослідження є мікроконтролерна система виявлення протікання води.

Предметом дослідження є процес виявлення протікання води.

Методи дослідження. У роботі використані загальнонаукові емпіричні та теоретичні методи дослідження.

Практичне значення одержаних результатів полягає у реалізації мікроконтролерної системи виявлення витoku води і автоматичне запобігання подальшому затопленню.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1 АНАЛІЗ РІШЕНЬ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ ПРОТІКАННЯ ВОДИ

1.1 Аналіз вимог до системи

Створення системи контролю протікання води (СКПВ) є обґрунтованим кроком, адже існуючі рішення часто демонструють обмежену функціональність, недостатню точність або повільну реакцію на аварійні ситуації. Щоб підвищити рівень захисту від витоків, доцільно спроектувати комплекс, який поєднуватиме високу стабільність роботи, оперативність спрацювання та здатність фіксувати навіть незначні зміни вологості. Сучасна комп'ютеризована СКПВ має відповідати розширеним технічним і кіберфізичним вимогам, що гарантують її результативність та адаптивність до умов «розумного будинку».

Згідно з оновленими підходами до проєктування інженерних систем, ключовими вимогами до такої системи є:

- стійкість і безпечність: комплекс повинен забезпечувати безперебійну роботу, відповідати актуальним нормам електробезпеки, а також враховувати вимоги кіберзахисту (зокрема захист IoT-пристроїв);
- оперативність реагування: необхідна мінімальна затримка між виявленням витoku та виконанням дій, що дозволяє значно зменшити можливі збитки;
- висока точність сенсорів: застосування сучасних датчиків із підвищеною чутливістю дає змогу фіксувати навіть мікропротікання;
- зручність користування: інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим, із підтримкою мобільних застосунків і віддаленого доступу;
- економічна доцільність: система має оптимізувати витрати на експлуатацію завдяки енергоощадним компонентам і мінімальному обслуговуванню;
- адаптивність і масштабованість: можливість підключення різних типів сенсорів і виконавчих механізмів, а також розширення функціоналу без повної заміни системи;

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

– сумісність із іншими підсистемами: інтеграція з комплексами пожежної безпеки, клімат-контролю та платформами «розумного дому» (наприклад, через стандарти Matter або Zigbee);

– енергоефективність: використання сучасних протоколів зв'язку з низьким енергоспоживанням і режимів енергозбереження.

Беручи до уваги наведені вимоги, нова СКПВ повинна забезпечувати безперервний контроль стану водопровідної мережі, швидке реагування на аварії, простоту керування та розширений функціонал із можливістю аналітики даних у реальному часі.

Для реалізації поставлених завдань система має виконувати такі функції:

– виявлення витоків води: використання інтелектуальних сенсорів, які передають сигнали до центрального модуля або хмарної платформи;

– своєчасне інформування: надсилання сповіщень через мобільні додатки, push-повідомлення або інші канали зв'язку;

– автоматичне перекриття води: керування електроклапанами для негайного припинення подачі води у разі аварії;

– контроль стану компонентів: збір і збереження інформації про роботу сенсорів, виконавчих пристроїв і всієї системи;

– аналітика та зберігання даних: ведення журналів подій, аналіз частоти та причин виникнення витоків із можливістю прогнозування;

– керування параметрами: налаштування чутливості, сценаріїв роботи та інших характеристик для досягнення максимальної ефективності;

– система оповіщення: інформування користувача про робочий стан, збої або потребу в обслуговуванні;

– захист інформації: впровадження сучасних методів шифрування та автентифікації для безпеки даних;

– взаємодія з іншими системами: підтримка інтеграції з екосистемами автоматизації будівель і сервісами віддаленого керування.

Таким чином, СКПВ повинна не лише виконувати базові функції контролю витоків, а й відповідати сучасним стандартам цифровізації та енергоефективності.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

1.2 Аналіз існуючих рішень запобігання протікання води

Існує декілька різновидів систем контролю протікання води, що застосовуються всередині будівель і житлових приміщень.

Найбільш базовими є рішення з датчиками наявності води. Принцип їх роботи полягає у розміщенні сенсорів на поверхні підлоги або в потенційно небезпечних точках, де можливе накопичення рідини. У разі контакту з водою пристрій формує сигнал і передає його на керуючий модуль, який інформує користувача про аварійну ситуацію. Такі комплекси вважаються достатньо надійними, однак їх ефективність може знижуватися при масштабних протіканнях або у важкодоступних зонах.

Інший тип – системи з функцією автоматичного перекриття водопостачання. У цьому випадку використовується спеціальний запірний клапан, що керується контролером. При фіксації витoku відбувається миттєве перекриття подачі води, що дозволяє мінімізувати наслідки аварії. Попри високу ефективність, такі рішення часто потребують більших витрат на встановлення, інтеграцію та технічне обслуговування.

Також застосовуються комплекси, що включають відеоспостереження. Камери встановлюються у приміщеннях і забезпечують постійний моніторинг стану підлоги або інженерних зон. У разі виявлення ознак затоплення система може надсилати повідомлення або активувати автоматичні сценарії, зокрема перекриття води. У 2026 році такі системи часто доповнюються алгоритмами комп'ютерного зору та штучного інтелекту, що підвищує точність виявлення, але водночас вимагає більш складного налаштування.

Окрему групу становлять системи з датчиками вологості, які є одними з найпоширеніших рішень. Вони використовують спеціалізовані сенсори, що реагують на підвищення рівня вологості у контрольованих зонах. Спрацювання відбувається при різкій зміні показників, що свідчить про можливий витік.

Такі системи поділяються на провідні та бездротові. У провідних варіантах сенсори з'єднані з центральним модулем кабелями. Бездротові аналоги зазвичай

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

працюють на базі сучасних протоколів (Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi або власних IoT-рішень), що забезпечують стабільний зв'язок і низьке енергоспоживання.

Монтаж датчиків можливий у різних місцях: на підлозі, біля трубопроводів, під сантехнічним обладнанням або поблизу побутових приладів. Деякі сучасні моделі додатково аналізують температуру, тиск у системі або інші параметри, що дозволяє більш точно визначати потенційні аварії.

Серед переваг таких рішень – простота інсталяції, універсальність застосування та доступна вартість у порівнянні з більш складними комплексами. Вони не потребують значної підготовки приміщення і можуть бути встановлені практично в будь-яких умовах.

Разом із тим існують і певні обмеження. Наприклад, відсутність сенсора в зоні витoku унеможливорює своєчасне виявлення проблеми. Крім того, інколи виникають хибні спрацювання через конденсат або випадкове потрапляння води.

Сьогодні український ринок пропонує широкий вибір систем для контролю протікання води. Розглянемо рішення та їх функціональні характеристики.

Система Ajax LeaksProtect (рис. 1.1) використовується для виявлення витоків та запобігання затопленню приміщень [3].

У її складі застосовуються бездротові датчики затоплення, які розміщуються у зонах ризику та реагують на появу води. Після спрацювання інформація передається до центрального хаба, що обробляє сигнал і запускає відповідні сценарії. Наявність резервного живлення дозволяє системі працювати навіть при відключенні електроенергії, що є особливо актуальним в умовах нестабільного енергопостачання.



Рисунок 1.1 – Ajax LeaksProtect

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Система інтегрується з екосистемами «розумного будинку» та підтримує віддалене керування через мобільний застосунок з миттєвими push-сповіщеннями.

До недоліків можна віднести відносно високу вартість у порівнянні з іншими рішеннями, а також необхідність дотримання технічних вимог під час встановлення.

Tervix Water Stop (рис. 1.2) є комплексною системою захисту від затоплення, яка має розширений функціонал [4].



Рисунок 1.2 – Tervix Water Stop

Серед її основних можливостей:

- виявлення витoku та миттєве інформування користувача;
- автоматичне перекриття водопостачання;
- відключення електроживлення у небезпечній зоні для запобігання короткому замиканню та пожежам;
- інтеграція з сучасними системами «розумного дому».

Серед недоліків:

- значна вартість обладнання;
- залежність від електроживлення (хоча сучасні версії частково вирішують це через резервні джерела);
- складність монтажу, що часто потребує залучення спеціалістів.

Neptun Aquacontrol (рис. 1.3) реалізує комплексний підхід до запобігання затопленням [5]. Система включає сенсори, які постійно контролюють наявність води. У разі виявлення аварії активується сигналізація та перекривається подача води.



Рисунок 1.3 – Система Neptun Aquacontrol

Основні функції:

- раннє виявлення протікання;
- автоматичне перекриття трубопроводу;
- швидке реагування на аварійну ситуацію;
- можливість розширення кількості сенсорів.

Станом на 2026 рік деякі модифікації вже отримали підтримку мобільного керування та інтеграцію з IoT-платформами, однак базові версії все ще мають обмежену функціональність.

До недоліків можна віднести обмежену гнучкість у базових конфігураціях та залежність від конкретної архітектури системи.

Кожне з розглянутих рішень має власні переваги та слабкі сторони. Зокрема, Ajax Systems вирізняється сучасним інтерфейсом і широкими можливостями інтеграції, але характеризується високою ціною. Tervix Water Stop забезпечує багаторівневий захист, проте є складною та енергозалежною системою. Neptun Aquacontrol відзначається простотою та надійністю, хоча може поступатися за функціональністю більш сучасним рішенням.

Таким чином, результати аналізу свідчать про доцільність створення системи контролю протікань, яка б поєднувала переваги існуючих підходів, забезпечувала високу надійність, підтримувала сучасні технології інтеграції та залишалася економічно доступною для широкого кола користувачів.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.3 Мікроконтролери та сенсори у системах виявлення протікання

Вбудовані мікроконтролери є базовими обчислювальними елементами систем домашньої автоматизації. Вони призначені для збору даних із датчиків, їх обробки в режимі реального часу та керування виконавчими пристроями (реле, електромагнітні клапани, насоси тощо).

На відміну від централізованих контролерів або серверних рішень, мікроконтролери виконують локальні задачі без постійного підключення до мережі, що підвищує надійність системи, особливо у критичних застосуваннях, таких як системи захисту від протікання води.

У сучасних системах домашньої автоматизації найчастіше застосовуються наступні платформи:

- Arduino Uno;
- Arduino Nano;
- ESP8266;
- ESP32.

Ці пристрої відрізняються архітектурою, продуктивністю та наявністю мережових можливостей.

Arduino Uno є класичною платформою для розробки вбудованих систем на базі мікроконтролера ATmega328P. Характерні особливості:

- проста архітектура;
- відсутність вбудованих засобів бездротового зв'язку;
- широке використання в навчальних та прототипних системах.

Область застосування Arduino Uno: прості системи керування, лабораторні прототипи, базові автоматизовані пристрої.

Arduino Nano є компактною версією Arduino Uno з аналогічною мікроконтролерною архітектурою. Характерні особливості:

- зменшені габарити;
- повна сумісність із програмним забезпеченням Arduino Uno;
- зручність інтеграції у вбудовані системи.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

Область застосування Arduino Nano: компактні пристрої, вбудовані системи з обмеженим простором, серійні рішення.

ESP8266 є мікроконтролером із вбудованим Wi-Fi модулем, орієнтованим на задачі Інтернету речей (IoT). Характерні особливості:

- наявність Wi-Fi інтерфейсу;
- достатня обчислювальна потужність для мережесх задач;
- низька вартість.

Область застосування ESP8266: IoT-сенсори, віддалений моніторинг, системи з хмарною інтеграцією.

ESP32 є більш продуктивною платформою порівняно з ESP8266 і підтримує як Wi-Fi, так і Bluetooth. Характерні особливості:

- двоядерний процесор;
- підтримка багатозадачності;
- вбудовані бездротові інтерфейси (Wi-Fi, Bluetooth).

Область застосування ESP32: складні системи домашньої автоматизації, центральні вузли IoT, багатофункціональні контролери.

У системах захисту від протікання мікроконтролери виконують функції:

- опитування датчиків вологості або протікання;
- обробки аварійних сигналів;
- керування електромагнітними клапанами;
- передачі повідомлень користувачу (у разі наявності мережесх модулів).

Вбудовані мікроконтролери є ключовими елементами сучасних систем домашньої автоматизації. Вибір конкретної платформи залежить від вимог до функціональності, енергоспоживання, габаритів та необхідності мережесх взаємодії. Порівняльний аналіз характеристик розглянутих мікроконтролерів представлено в табл. 1.1.

Arduino-платформи (Uno, Nano) доцільно використовувати для локальних автономних рішень.

ESP8266 та ESP32 є більш придатними для IoT-систем із віддаленим керуванням і інтеграцією в “розумний дім”.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз характеристик мікроконтролерів

Характеристика	Arduino Uno	Arduino Nano	ESP8266	ESP32
Архітектура	8-біт	8-біт	32-біт	32-біт
Продуктивність	низька	низька	середня	висока
Вбудований Wi-Fi	відсутній	відсутній	є	є
Bluetooth	відсутній	відсутній	відсутній	є
Розміри	великі	компактні	малі	малі
Енергоспоживання	низьке	низьке	низьке	середнє
Складність програмування	низька	низька	середня	висока

Таким чином, Arduino Nano залишається оптимальним вибором для компактних вбудованих пристроїв із обмеженою функціональністю.

Сенсори є ключовими елементами систем контролю протікання води, оскільки забезпечують первинне виявлення аварійної ситуації. Їх основне призначення полягає у фіксації наявності води в місцях, де її бути не повинно, та передачі сигналу на мікроконтролер або центральний контролер системи.

У сучасних системах домашньої автоматизації використовуються різні типи сенсорів, які відрізняються принципом дії, точністю, надійністю та вартістю.

У системах захисту від затоплення найчастіше застосовуються такі типи датчиків:

- провідникові (контактні) сенсори;
- резистивні сенсори;
- ємнісні сенсори;
- ультразвукові сенсори рівня;
- комбіновані (інтелектуальні) модулі.

Провідникові (контактні) сенсори протікання – це найпоширеніший тип датчиків, принцип дії якого базується на зміні електричної провідності між контактами при попаданні води. У сухому стані коло розімкнуте, а при потраплянні води між контактами відбувається замикання.

Переваги: низька вартість; простота конструкції; висока швидкість реакції.

Недоліки: можливе окиснення контактів; обмежена довговічність; залежність від якості води (солоність, домішки).

Резистивні датчики вимірюють зміну електричного опору між електродами при контакті з водою. Вода знижує опір між електродами – мікроконтролер фіксує зміну сигналу.

Переваги: проста інтеграція з мікроконтролерами; доступна ціна; висока чутливість.

Недоліки: деградація електродів з часом; хибні спрацювання при вологості.

Ємнісні датчики визначають наявність води шляхом зміни електричної ємності між електродами. Принцип роботи: вода змінює діелектричні властивості середовища – змінюється ємність сенсора.

Переваги: відсутній прямий контакт з водою; висока довговічність; стійкість до корозії.

Недоліки: вища вартість; складніша обробка сигналу; чутливість до зовнішніх факторів (температура, вологість повітря).

Ультразвукові сенсори рівня використовують відбиття ультразвукових хвиль для визначення рівня води.

Переваги: безконтактний метод; висока точність вимірювання рівня; підходить для резервуарів.

Недоліки: неефективні для локальних протікань; залежність від геометрії простору; вища вартість.

Інтелектуальні (комбіновані) сенсори поєднують кілька методів детекції та можуть містити вбудовану обробку сигналу.

Переваги: зменшення кількості хибних спрацювань; цифровий вихід (I2C, UART); можливість самодіагностики.

Недоліки: висока ціна; залежність від конкретного виробника.

У системах захисту від затоплення найбільш поширеними є контактні та резистивні сенсори, оскільки вони:

- забезпечують швидке виявлення води;
- мають низьку вартість;
- легко інтегруються з мікроконтролерами (наприклад, Arduino Nano або ESP32).

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

Ємнісні сенсори застосовуються у більш надійних системах, де важлива довговічність та відсутність корозії. Ультразвукові датчики використовуються переважно для контролю рівня води в резервуарах, а не для локального виявлення протікань. Порівняльний аналіз характеристик розглянутих типів сенсорів представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння характеристик сенсорів

Характеристика	Контактні	Резистивні	Ємнісні	Ультразвукові	Комбіновані
Вартість	дуже низька	низька	середня	висока	висока
Надійність	середня	середня	висока	висока	дуже висока
Довговічність	низька	середня	висока	висока	висока
Контакт з водою	так	так	ні	ні	залежить
Чутливість	висока	висока	середня	висока (для рівня)	висока
Складність обробки	низька	низька	середня	висока	середня

Сенсори є критично важливими елементами системи контролю протікання води, оскільки саме вони визначають момент виникнення аварійної ситуації.

Найбільш ефективним рішенням для побутових систем є використання:

- контактних або резистивних датчиків – для бюджетних систем;
- ємнісних датчиків – для підвищеної надійності та довговічності;
- комбінованих сенсорів – для професійних інтелектуальних систем.

Таким чином, вибір типу сенсора визначається вимогами до точності, надійності, вартості та умов експлуатації системи.

Виконавчі механізми є завершальним елементом системи контролю протікання води, який безпосередньо здійснює фізичний вплив на середовище з метою усунення аварійної ситуації. У більшості випадків таким впливом є перекриття потоку води у трубопроводі. Виконавчі пристрої отримують керуючий сигнал від мікроконтролера та змінюють свій стан відповідно до логіки (відкрито/закрито). У системах захисту від протікання найчастіше застосовуються:

- електромагнітні (соленоїдні) клапани;
- моторизовані кульові крани;
- сервопривідні механізми;
- реле як проміжний елемент керування;
- пневматичні та гідравлічні приводи (рідше у побуті).

Електромагнітний клапан є одним із найпоширеніших рішень для автоматичного перекриття води. При подачі напруги створюється магнітне поле. Соленоїд переміщує шток, відкриваючи або закриваючи прохід води.

Переваги: швидка реакція; проста конструкція; низька вартість.

Недоліки: високе енергоспоживання у відкритому стані; можливе нагрівання котушки; залежність від постійного живлення (для деяких типів).

Моторизовані кульові крани – це механічні крани, які керуються електродвигуном (редуктором). Принцип роботи: електродвигун обертає кульовий затвор – відбувається повне відкриття або перекриття потоку.

Переваги: низьке енергоспоживання (живлення лише під час перемикання); висока надійність; повне перекриття потоку; тривалий термін служби.

Недоліки: повільніша реакція порівняно з соленоїдом; більші габарити; вища вартість.

Сервоприводи використовуються для керування положенням крана або клапана з високою точністю. Принцип роботи: мікроконтролер подає сигнал – сервопривід встановлює заданий кут відкриття.

Переваги: точне керування положенням; гнучкість у налаштуванні; простота інтеграції з мікроконтролерами.

Недоліки: не завжди забезпечують герметичне перекриття; зношування механічних частин; потреба в постійному контролі положення.

Реле не є виконавчим механізмом напряму, але використовується як проміжний елемент для керування потужними навантаженнями.

Функції: комутація живлення клапанів або насосів; гальванічна розв'язка між керуючою та силовою частиною.

Переваги: простота; універсальність; низька вартість.

Недоліки: механічний знос контактів; обмежена кількість перемикань.

Пневматичні та гідравлічні приводи застосовуються в промислових системах.

Переваги: висока потужність; надійність у складних умовах; можливість керування великими діаметрами труб.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Недоліки: складність монтажу; висока вартість; потреба в додатковій інфраструктурі (компресори, гідросистеми).

У системах автоматичного захисту від протікання води виконавчі механізми повинні забезпечувати швидке та надійне перекриття потоку. З цією метою найчастіше використовуються:

- електромагнітні клапани – для швидкого реагування;
- моторизовані кульові крани – для побутових систем;
- сервоприводи – у навчальних або гнучких прототипах.

Керування такими пристроями здійснюється мікроконтролерами, наприклад Arduino Nano або ESP32 через релейні модулі або транзисторні ключі.

Порівняльний аналіз характеристик розглянутих типів виконавчих механізмів представлено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняння характеристик виконавчих механізмів

Характеристика	Соленоїдний клапан	Моторизований кран	Сервопривід	Реле	Пневмопривід
Швидкість реакції	висока	середня	середня	висока	висока
Енергоспоживання	високе	низьке	середнє	низьке	високе
Надійність	середня	висока	середня	середня	дуже висока
Точність керування	низька	висока	дуже висока	низька	висока
Вартість	низька	середня	середня	низька	висока
Складність монтажу	низька	середня	середня	низька	висока

Виконавчі механізми є критичним елементом системи контролю протікання води, оскільки саме вони забезпечують фізичне усунення аварійної ситуації шляхом перекриття подачі води. Аналіз показує, що:

- соленоїдні клапани є найшвидшим, але енергозалежним рішенням;
- моторизовані крани забезпечують баланс надійності та енергоспоживання;
- сервоприводи підходять для гнучких та навчальних систем;
- промислові приводи використовуються у великих інженерних об'єктах.

Таким чином, вибір виконавчого механізму визначається вимогами до швидкодії, надійності, енергоспоживання та вартості системи.

1.4 Постановка завдання

Мікроконтролерна система контролю протікання води має функціонувати двох основних режимах: спостережувальному та виконавчому. У першому з них здійснюється безперервний контроль наявності витоків води всередині приміщення, що в сучасних рішеннях зазвичай реалізується через поєднання датчиків вологості, сенсорів потоку та інтелектуальних модулів аналізу даних, які можуть бути інтегровані в системи «розумного будинку».

Другий стан орієнтований на реагування: у разі фіксації ознак витoku система автоматично ініціює припинення подачі води. Це виконується шляхом керування виконавчим механізмом, зокрема електромагнітним або електронним клапаном, який перекриває потік у трубопроводі. У сучасних реалізаціях також передбачається можливість надсилання сповіщень користувачу через мобільні застосунки та віддалене керування через хмарні сервіси.

Таким чином, метою даної роботи є розробка мікроконтролерної системи яка забезпечить своєчасне виявлення місць витoku води і автоматичне реагування для запобігання затопленню.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- спроектувати апаратну частину, включаючи розроблення структурної та електричної принципової схем;
- створити алгоритм функціонування системи виявлення витоків і запобігання затопленню;
- розробити програмне забезпечення для реалізації алгоритму з використанням мікроконтролерної платформи;
- здійснити експериментальну перевірку системи.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Структура системи контролю протікання води

Узагальнений опис побудови системи виявлення протікання води демонструє, як можна своєчасно ідентифікувати аварійні ситуації та оперативно реагувати, щоб уникнути затоплення. Така система поєднує кілька функціональних вузлів і технічних засобів, які разом забезпечують стабільний контроль і керування подачею води в будівлі. Типова структурна схема подібного рішення подана на рисунку 2.1.

Загальна структура системи контролю витоків води містить такі компоненти:

- підсистему збору даних;
- модуль аналізу та керування;
- виконавчі механізми;
- систему оповіщення користувача.

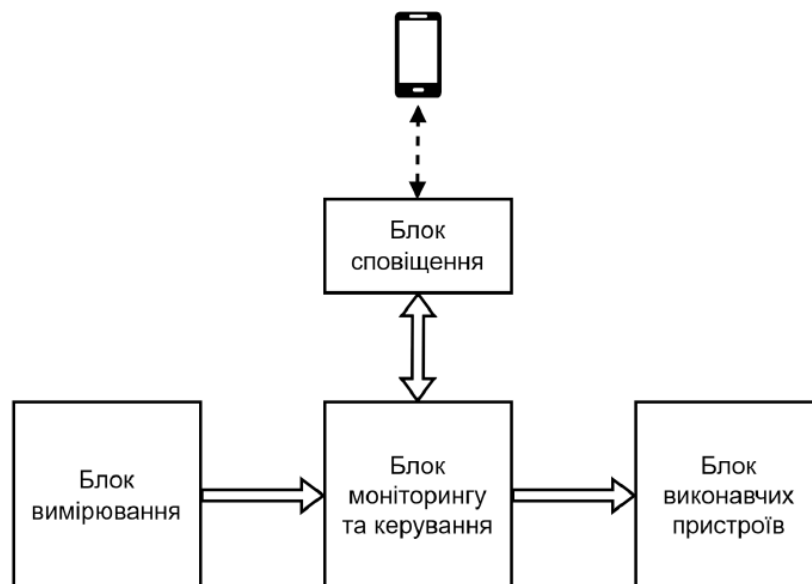


Рисунок 2.1 – Структура системи

Підсистема збору даних відповідає за отримання інформації про наявність води у небажаних місцях. Вона базується на сенсорах, що реагують на вологу або контакт із рідиною та формують відповідні сигнали.

У сучасних реалізаціях дедалі частіше застосовуються не лише контактні, а й безконтактні або ємнісні датчики, які відзначаються підвищеною точністю та стійкістю до корозії. Такі елементи розміщуються в потенційно небезпечних зонах: під трубами, біля побутової техніки або в санітарних вузлах.

Модуль аналізу та керування приймає сигнали від сенсорів і виконує їх обробку. Як правило, він реалізований на базі мікроконтролера або одноплатного комп'ютера, що дозволяє не лише аналізувати вхідні дані, але й реалізовувати складні алгоритми реагування. У сучасних системах широко застосовуються IoT-рішення з підтримкою бездротових технологій (Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth Low Energy), що дає змогу інтегрувати систему в «розумний дім» і здійснювати віддалене керування через хмарні сервіси. Контролер постійно відстежує стан датчиків, приймає рішення відповідно до заданої логіки та формує керуючі сигнали для виконавчих елементів.

Виконавчі механізми реалізують фізичні дії у відповідь на виявлення витoku. До них належать електромагнітні клапани, насоси або реле керування електроживленням. У разі аварії система може автоматично перекрити подачу води, вимкнути підключене обладнання або активувати відкачування рідини. У новітніх конфігураціях використовуються енергоефективні клапани з можливістю дистанційного керування та зворотного зв'язку про їх стан.

Система оповіщення забезпечує передачу інформації користувачу або оператору. У випадку небезпечної ситуації повідомлення можуть надсилатися через мобільні додатки, push-сповіщення, месенджери, електронну пошту тощо.

Окрім базових модулів, система може містити додаткові елементи: інтерфейси доступу, світлові індикатори, звукові сигналізатори, релейні блоки або інтеграцію з системами безпеки будівлі. Це розширює функціональність і підвищує інформативність щодо поточного стану. Функціональна схема керуючого модуля проєктованої системи представлена на рисунку 2.2.

Центральним елементом цієї схеми є мікроконтролер Arduino Nano. Він координує роботу всіх складових системи: приймає сигнали від сенсорів, обробляє їх та формує керуючі команди.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

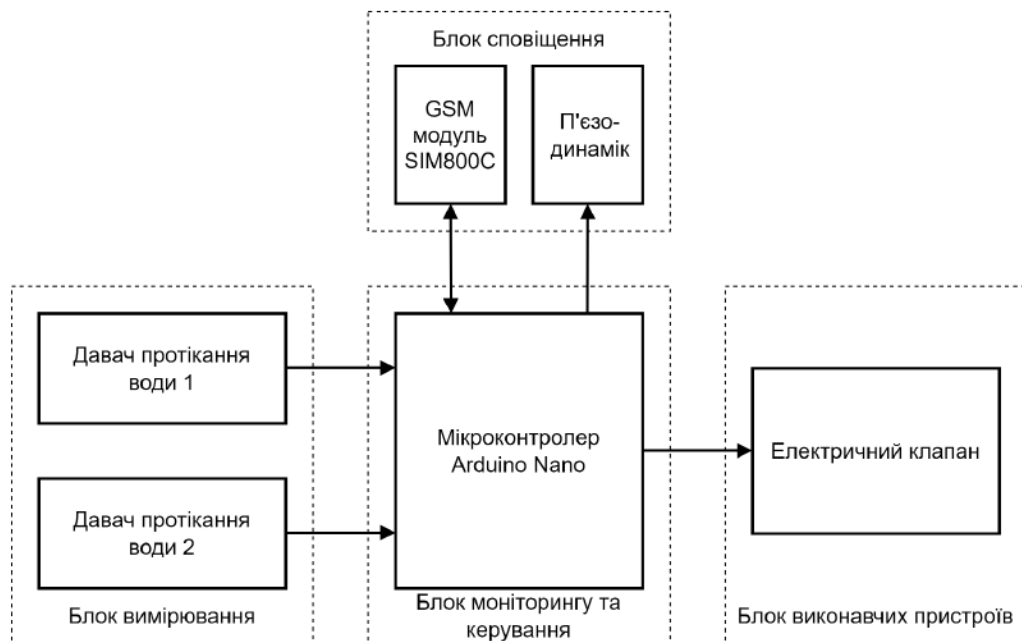


Рисунок 2.2 – Функціональна схема системи

Датчики витоку встановлюються у місцях із підвищеним ризиком появи води. При контакті з вологою вони формують електричний сигнал і передають його до контролера для подальшого аналізу.

Електромагнітний клапан застосовується для автоматичного перекриття трубопроводу. Після отримання сигналу про аварію контролер надсилає команду на його спрацювання, що дозволяє швидко локалізувати проблему.

Для передачі повідомлень у сучасних системах можуть використовуватися як GSM-модулі (наприклад, SIM800C), так і Wi-Fi або LTE-модулі нового покоління. Це забезпечує гнучкість у виборі каналу зв'язку та підвищує надійність інформування.

Звуковий випромінювач (п'єзоелемент або динамік) створює сигнал тривоги, який привертає увагу людей у приміщенні. Контролер активує його у разі виявлення небезпеки.

Усі перелічені компоненти працюють узгоджено під керуванням центрального контролера. При фіксації витоку система автоматично перекриває подачу води, надсилає повідомлення користувачу через доступні канали зв'язку та генерує звуковий сигнал, що дозволяє швидко відреагувати на ситуацію та мінімізувати можливі збитки.

2.2 Апаратне забезпечення мікроконтролерної системи

Ключовим компонентом системи контролю протікання води обрано мікроконтролерну плату Arduino Nano 3.0 (рис. 2.3). Ця компактна платформа є повноцінним вбудованим обчислювальним модулем, оптимізованим для швидкого створення прототипів керуючих і моніторингових рішень із використанням макетних плат і периферійних пристроїв.

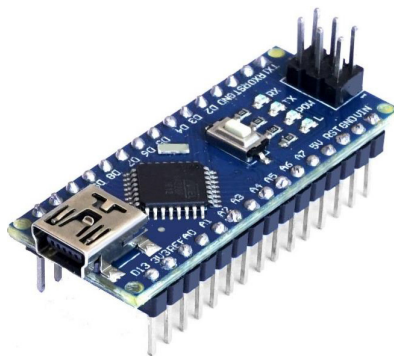


Рисунок 2.3 – Плата Arduino Nano

Основні технічні параметри наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики плати Arduino Nano

Характеристика	Значення
Тип мікроконтролера	ATmega328P
Операційна напруга	5В
Цифрові входи/виходи	14
Аналогові входи	8
Живлення (струм) виводів входу/виходу	40 мА
Flash пам'ять	32 КБ
Частота процесора	16 МГц

Живлення плати може здійснюватися як від зовнішнього джерела (наприклад, акумуляторної батареї або мережевого перетворювача), так і через USB-інтерфейс. У сучасних версіях і сумісних клонах дедалі частіше застосовується роз'єм micro-USB або USB-C замість застарілого mini-USB, що підвищує зручність підключення та сумісність із новими пристроями. Плата містить 30 контактів, розташованих по її краях, серед яких 14 цифрових входів/виходів і 6 аналогових входів. Схему розведення контактів наведено на рисунку 2.4.

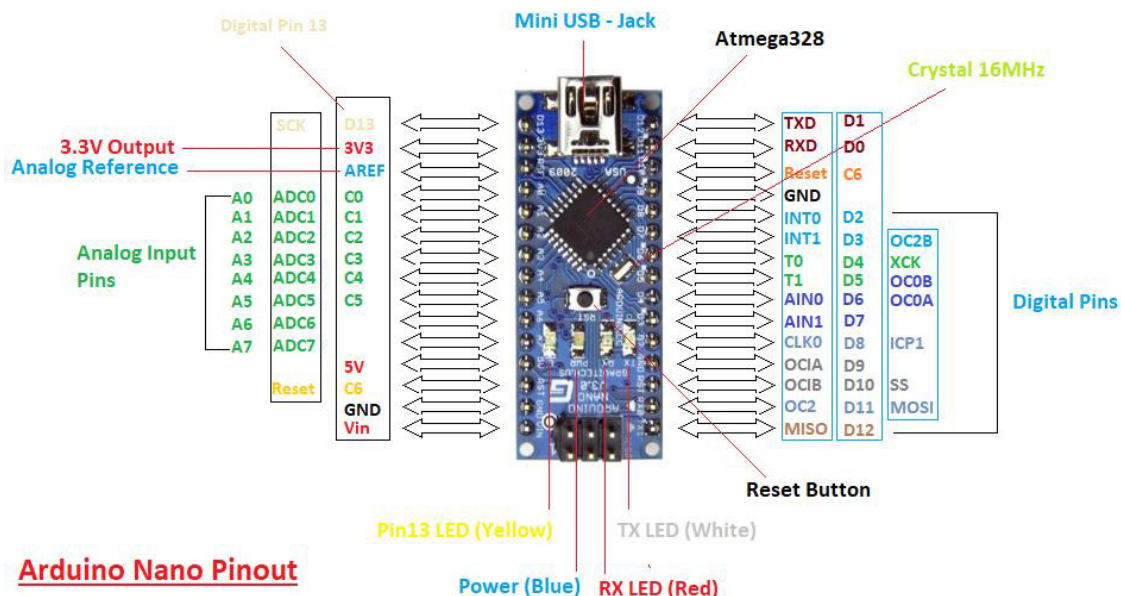


Рисунок 2.4 – Схема виводів Arduino Nano

Функціональні можливості Arduino Nano 3.0 багато в чому подібні до Arduino Uno, однак Nano відрізняється значно меншими габаритами, що робить її зручнішою для інтеграції в компактні пристрої. Крім того, різниця полягає у форм-факторі та інтерфейсі підключення до комп'ютера.

В основі плати лежить мікроконтролер ATmega328PB – 8-бітний чип із RISC-архітектурою, виконаний у корпусі TQFP32. Він має декілька енергозберігаючих режимів і оптимізований для задач реального часу. Однією з причин вибору саме цього мікроконтролера є наявність 10-бітного багатоканального аналого-цифрового перетворювача, що забезпечує ефективну роботу з аналоговими сенсорами, зокрема датчиками вологості.

Для організації віддаленого зв'язку в системі використано GSM/GPRS модуль SIM800C (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – GSM модуль SIM800C

Він підтримує роботу в діапазонах 850/900/1800/1900 МГц і дозволяє здійснювати передачу даних, голосові виклики та обмін SMS-повідомленнями.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

Попри широку популярність, станом на 2026 рік такі модулі поступово витісняються рішеннями з підтримкою LTE-M, NB-IoT або 4G, однак у регіонах із розвиненою 3G-інфраструктурою вони залишаються актуальними для бюджетних IoT-проектів. Основні характеристики модуля SIM800C наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики сенсора SIM800C

Характеристика	Значення
Частотні діапазони	850/900/1800/1900 МГц
Вихідна потужність	Class 4 (2 Вт) для EGSM 900 Class 1 (1 Вт) для DCS 1800, PCS 1900
Стандарти	GSM, GPRS, SMS
Дані/Голос	Використання аудіоканалу для голосового зв'язку і передачі даних
Роз'єми	SIM-картка, антена, аудіо, USB, GPIO, UART
Інтерфейси	UART, SPI, I2C
Підтримка даних	GPRS Class 12 (вихід до 85.6 кбіт/с), TCP/IP стек
Підтримка SMS	Приймання/відправлення SMS повідомлень, PDU-режим
Живлення	3.4-4.4 В постійного струму
Потужність споживання	Сплячий режим: < 1 мА Активний режим (GSM): < 350 мА
Розмір	24 мм x 24 мм x 3 мм
Робочий температурний діапазон	-40°C до +85°C

Модуль SIM800C забезпечує:

- підтримку голосових функцій (дзвінки, запис і відтворення аудіо);
- роботу з SMS, включаючи режим PDU;
- передачу пакетних даних через GPRS (до ~85,6 кбіт/с);
- інтегрований TCP/IP стек для взаємодії з віддаленими серверами;
- підтримку протоколів HTTP, FTP, MQTT, що важливо для IoT-рішень;
- інтерфейси UART, SPI та I²C для підключення до інших компонентів;
- режими енергозбереження, включаючи sleep mode.

Завдяки цьому модуль було обрано як засіб сповіщення користувача про виявлення витoku води. Його перевагами є простота інтеграції, доступність і достатній функціонал для базових систем моніторингу.

Для фіксації факту витoku застосовується датчик води – електронний сенсор, призначений для визначення наявності рідини або підвищеної вологості (рис. 2.6). Основний принцип його роботи базується на зміні електричних

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

характеристик чутливого елемента при контакті з водою. У момент появи вологи відбувається замикання або зміна опору, що генерує сигнал на виході.



Рисунок 2.6 – Сенсор протікання води

Такий сенсор здатний реагувати навіть на незначні краплі, що забезпечує оперативне виявлення потенційної аварії. Конструкція, як правило, передбачає використання корозійностійких матеріалів, однак у сучасних системах дедалі частіше застосовуються безконтактні або ємнісні датчики, які мають більший ресурс і меншу схильність до деградації. Характеристики сенсора наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики сенсора протікання води

Характеристика	Значення
Напруга живлення	3,3-5В
Вихідний сигнал	Цифровий
Струм	До 20 мА
Робоча температура	-10°C – +70°C
Розміри	32x14x8 мм

Підключення датчика до мікроконтролера виконується через цифровий або аналоговий вихід, що дозволяє легко інтегрувати його в систему. Сенсори можуть встановлюватися в місцях із підвищеним ризиком протікання: під сантехнікою, побутовими приладами або в технічних приміщеннях.

До переваг таких пристроїв належать: висока чутливість; простота монтажу; доступність і низька вартість; можливість використання в різних середовищах.

Разом із тим існують і певні обмеження. Зокрема, більшість датчиків потребують живлення, що може бути критичним при відсутності електроенергії, тому у сучасних реалізаціях часто застосовують резервні батареї або енергонезалежні рішення. Крім того, зона контролю одного сенсора є обмеженою,

через що для великих площ необхідно встановлювати кілька пристроїв або використовувати розподілені мережі датчиків.

Ще однією проблемою можуть бути хибні спрацювання, спричинені конденсатом чи іншими рідинами. Для мінімізації таких ефектів застосовуються алгоритми цифрової фільтрації сигналів і комбінування різних типів сенсорів.

Отже, при розробці СКПВ важливо враховувати як технічні можливості обраних компонентів, так і їхні обмеження, адаптуючи архітектуру системи до конкретних умов експлуатації та сучасних технологічних тенденцій.

Електромагнітний водяний клапан (рис. 2.7) у цій конфігурації призначений для оперативного припинення подачі рідини, якщо система фіксує витік. Його функціонування базується на використанні електромагнітного ефекту, що забезпечує дистанційне та автоматизоване керування. Конструктивно пристрій складається з котушки (соленоїда) та виконавчого запірного вузла.



Рисунок 2.7 – Електромагнітний водяний клапан

Під час подачі напруги на котушку формується магнітне поле, яке впливає на рухомий елемент механізму. Цей елемент взаємодіє з осердям соленоїда і під дією сили притягання змінює своє положення. У результаті відбувається відкривання або перекриття каналу для проходження води. Коли живлення вимикається, магнітне поле зникає, і під дією поворотної пружини рухомий компонент повертається у вихідний стан, що визначається типом клапана (нормально відкритий або нормально закритий).

Таким способом електричний сигнал дозволяє швидко й точно контролювати стан запірного елемента. Це забезпечує ефективне регулювання потоку та мінімізує ризик аварійних ситуацій, пов'язаних із витокami. У сучасних

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

системах подібні клапани часто інтегруються з IoT-платформами, що дає змогу віддалено контролювати їхню роботу через мобільні застосунки та отримувати сповіщення в реальному часі.

Пристрій розрахований на роботу в інтервалі тиску приблизно 0,02–0,8 МПа, що робить його придатним як для побутових мереж, так і для інженерних систем середнього рівня складності. Завдяки використанню сучасних матеріалів (зокрема, латуні, нержавіючої сталі або високоякісних полімерів) підвищується стійкість до зносу та корозії, що є важливим фактором довготривалої експлуатації. Монтаж зазвичай здійснюється через різьбові або швидкокороз’ємні з’єднання, що значно спрощує встановлення та обслуговування. Характеристики наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Схема підключення плат DS3231 та Arduino Uno

Характеристика	Значення
Напруга живлення	12 В
Тип клапана	Нормально відкритий
Робочий тиск	0,02-0,8 МПа
Робоча температура	0°C – +80°C
Розмір різьблення	½"
Маса	150 г

Керування може здійснюватися як простим подаванням сигналу, так і через мікроконтролерні платформи (наприклад, сумісні з сучасними embedded-рішеннями), що дозволяє реалізувати складні алгоритми реагування. Енергоспоживання таких пристроїв оптимізоване: нові моделі мають знижене тепловиділення та підтримують імпульсний режим роботи для підвищення енергоефективності.

Завдяки високому рівню герметичності забезпечується надійна ізоляція потоку, що практично виключає небажане просочування рідини. Це особливо важливо для автоматизованих систем контролю протікання, де точність і надійність є критичними параметрами. У підсумку, електромагнітний клапан виступає ключовим компонентом системи керування потоком і обґрунтовано застосовується в розроблюваній СКПВ.

Для звукового інформування користувача використовується п'єзоелектричний випромінювач. Його застосування дозволяє формувати акустичні сигнали у разі виникнення аварійної ситуації. Робота такого елемента ґрунтується на п'єзоелектричному ефекті: матеріали на зразок кераміки або кварцу змінюють свою форму під впливом електричного поля або генерують заряд при механічній деформації. Завдяки цьому відбувається перетворення електричних імпульсів у звукові коливання.

Сучасні п'єзовипромінювачі характеризуються високим ККД та здатністю створювати достатньо гучний сигнал при мінімальному споживанні енергії. Вони широко використовуються у smart-пристроях, охоронних і побутових системах завдяки компактності та довговічності.

Для комутації живлення клапана обрано електромеханічне реле типу SRA-05VDC-AD або його аналоги. Такий пристрій містить котушку та контактну групу. При подачі струму формується магнітне поле, яке переміщує контакти, замикаючи або розмикаючи електричне коло. Це дозволяє керувати навантаженням, яке потребує більшої потужності, ніж може забезпечити безпосередньо мікроконтролер.

Використання релейного модуля забезпечує автоматичну реакцію системи на сигнали від блоку керування, що особливо важливо для аварійного відключення подачі води. Водночас у сучасних реалізаціях все частіше застосовують твердотільні реле (SSR), які мають більший ресурс і швидшу реакцію.

Живлення електронних компонентів забезпечується DC-DC перетворювачем (рис. 2.8), який виконує стабілізацію та зниження напруги. Такий модуль приймає вхід у межах приблизно 7-24 В і формує декілька стандартних рівнів виходу, зокрема 3,3В, 5В і 12В. Перемикання між ними може здійснюватися апаратно або програмно, що підвищує гнучкість системи.

Подібні перетворювачі в сучасних рішеннях оснащуються захистами від перевантаження, короткого замикання та перегріву.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

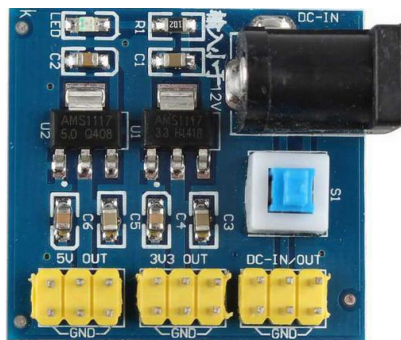


Рисунок 2.8 – Модуль живлення

Максимальний струм навантаження може досягати близько 0,8 А або більше залежно від конкретної моделі, що є достатнім для стабільної роботи всіх вузлів проєктованої системи.

2.3 Проєктування електричної принципової схеми системи

На рисунку 2.9 подано принципову електричну схему модуля керування системи контролю протікання води (СКПВ). Центральним елементом виступає плата Arduino Nano (на схемі позначена як U2), яка виконує функції головного мікроконтролера. Вона обробляє дані від сенсорів виявлення води та формує керуючі сигнали для виконавчих і комунікаційних вузлів системи.

Сенсори протікання під'єднані до мікроконтролера через конектори XP1 і XP2. У випадку фіксації наявності вологи ці елементи передають логічний сигнал на цифрові входи контролера, що ініціює подальші дії системи реагування.

Комутація електромагнітного клапана реалізована за допомогою реле RL1. Керуючий сигнал на нього подається з Arduino через узгоджувальний ланцюг, який включає резистор R2 і транзистор Q1.

Така схема дозволяє надійно перемикає контакти реле, що, у свою чергу, відкриває або перекриває подачу води залежно від ситуації.

Для дистанційного інформування користувача застосовано GSM-модуль типу SIM800C (позначений як M1). Він забезпечує передачу повідомлень у вигляді SMS, а також може ініціювати голосовий виклик.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

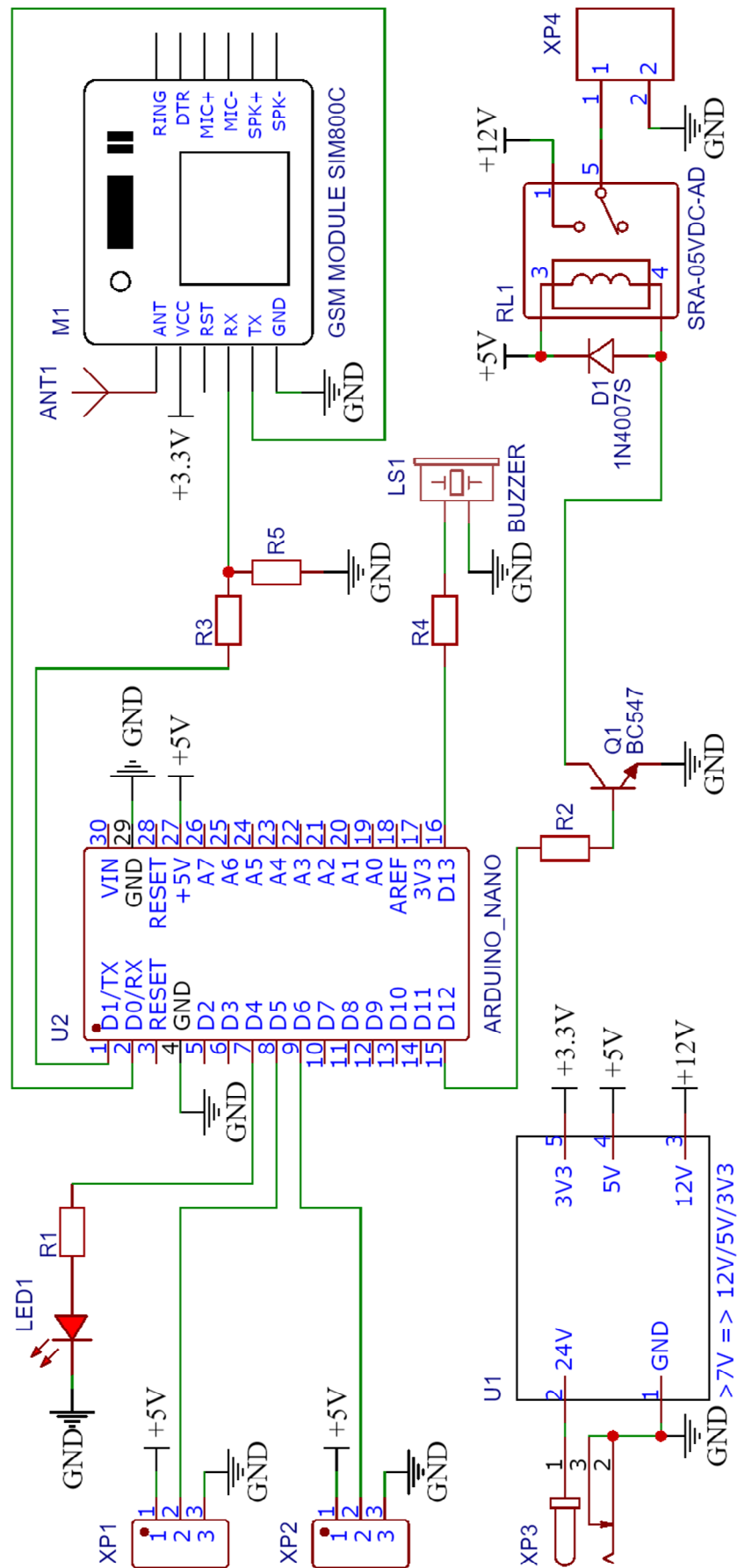


Рисунок 2.9 – Електрична принципова схема модуля керування СКПВ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ

Арк.

32

Зв'язок між контролером і модулем здійснюється через інтерфейс UART, що дає змогу надсилати команди та отримувати статусні дані. Станом на 2026 рік подібні рішення часто доповнюються підтримкою LTE-M або NB-IoT модулів для підвищення енергоефективності та стабільності зв'язку, однак SIM800C і надалі використовується в недорогих системах.

Додатково у схемі передбачено п'єзоелектричний звуковий випромінювач LS1, який формує локальний аудіосигнал тривоги при виникненні аварійної ситуації.

Загалом наведена схема забезпечує повний цикл роботи системи: від виявлення протікання до автоматичного перекриття води та оперативного інформування користувача. У сучасних реалізаціях подібні модулі також можуть інтегруватися з мобільними застосунками та хмарними сервісами для віддаленого моніторингу і керування в режимі реального часу.

2.4 UML-діаграми системи

Діаграма послідовностей відображає взаємодію компонентів системи контролю протікання води в часі – від запуску до безперервного моніторингу (рис. 2.10).

На початку показано етап ініціалізації системи. Центральним елементом виступає мікроконтролер (MCU), який послідовно ініціалізує всі підключені компоненти: датчик протікання, електричний клапан, п'єзодинамік, GSM-модуль і пам'ять. Також на цьому етапі відбувається внутрішня підготовка самого контролера – завантаження бібліотек, оголошення змінних і налаштування параметрів роботи (порогів, інтервалів тощо).

Далі діаграма переходить до основного циклу роботи, який повторюється безперервно. У кожній ітерації мікроконтролер зчитує дані з датчика протікання. Датчик повертає інформацію про стан – чи є протікання, чи ні.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

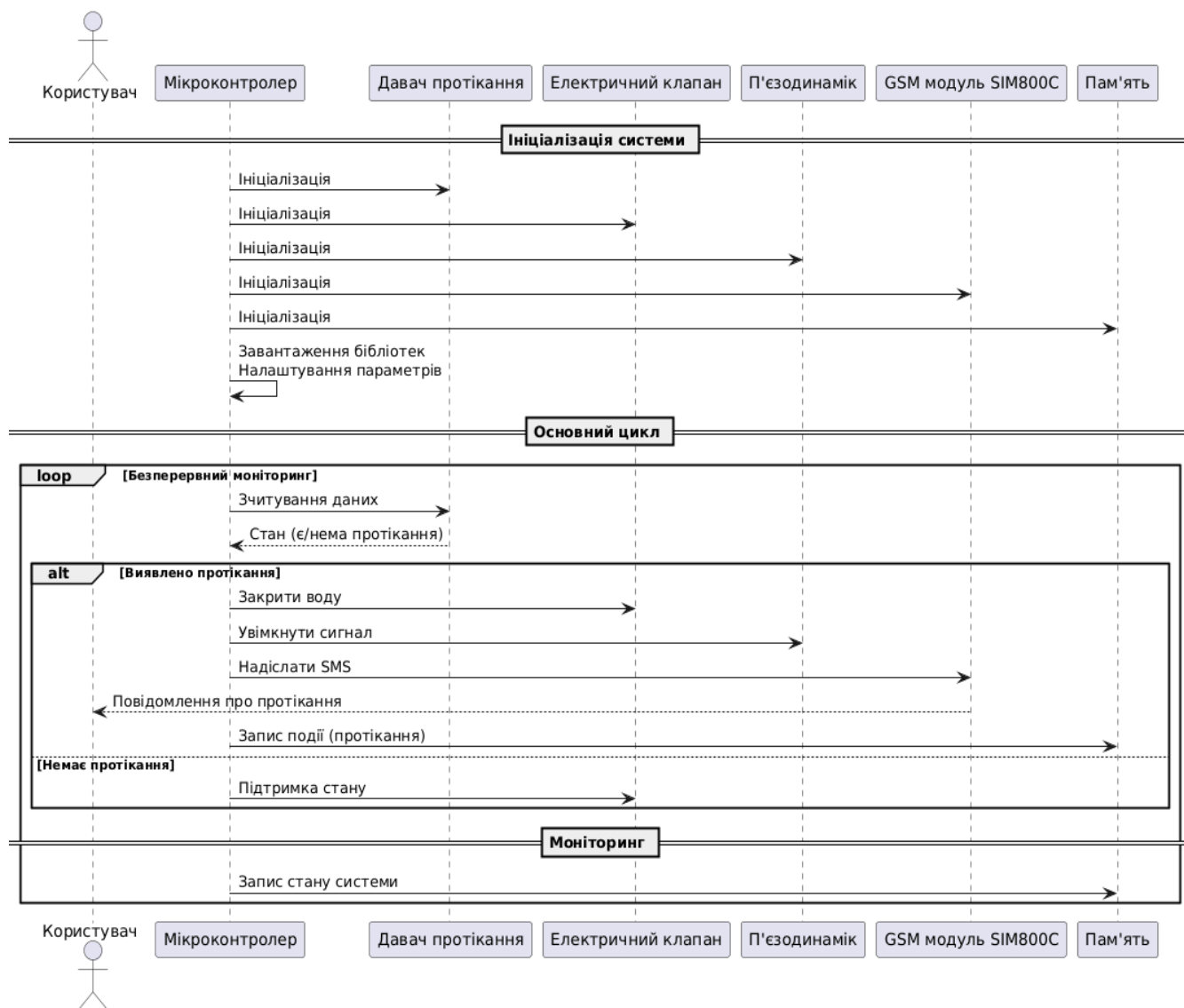


Рисунок 2.10 – Діаграма послідовностей

Після цього відбувається розгалуження логіки (блок alt). Якщо виявлено протікання, система виконує аварійні дії:

- мікроконтролер подає команду електричному клапану перекрити подачу води;
- активується п'єзодинамік для звукового сповіщення;
- через GSM-модуль надсилається повідомлення користувачу;
- інформація про подію записується в пам'ять.

Якщо протікання відсутнє, система не виконує аварійних дій, а лише підтримує поточний стан клапана.

Етап моніторингу та логування: мікроконтролер періодично записує поточний стан системи (дані з датчиків, стан клапана) для подальшого аналізу.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ

Арк.

34

Вся ця логіка виконується у циклі (loop), що підкреслює безперервний характер роботи системи. Таким чином, діаграма наочно демонструє, як система реагує на події в реальному часі та забезпечує автоматичний захист від протікання води.

Діаграма прецедентів відображає взаємодію користувача, зовнішніх компонентів і системи контролю протікання води, а також основні функції, які система виконує.

У центрі знаходиться система «Система контролю протікання води», яка реалізує весь алгоритм роботи (рис. 2.11). З нею взаємодіють три актори: користувач, давач протікання та GSM модуль SIM800C. Користувач ініціює роботу системи (зокрема, її запуск та ініціалізацію) і здійснює контроль за станом системи через функцію моніторингу. Давач протікання виступає джерелом вхідних даних, передаючи інформацію про наявність або відсутність води. GSM модуль використовується для надсилання сповіщень.

Робота системи починається з прецеденту «Ініціалізація», який включає підключення всіх апаратних компонентів, налаштування параметрів і підготовку до роботи. Після цього система переходить до «Зчитування даних», де отримує сигнали з давачів. Отримані дані обробляються в прецеденті «Аналіз протікання», де визначається наявність аварійної ситуації.

У разі виявлення протікання активується група пов'язаних прецедентів, що позначені зв'язками <<include>>. Це означає, що вони виконуються обов'язково як частина реакції системи. До них належать: «Керування клапаном» (перекриття води), «Звуковий сигнал» (локальне сповіщення користувача) та «Відправка SMS» (дистанційне повідомлення через GSM модуль).

Після виконання дій реагування система переходить до «Моніторингу», де відстежується поточний стан (зокрема стан клапана), а далі — до «Збереження даних», де вся інформація записується для подальшого аналізу. Завершальним етапом є повернення до зчитування даних, що формує циклічний характер роботи системи.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

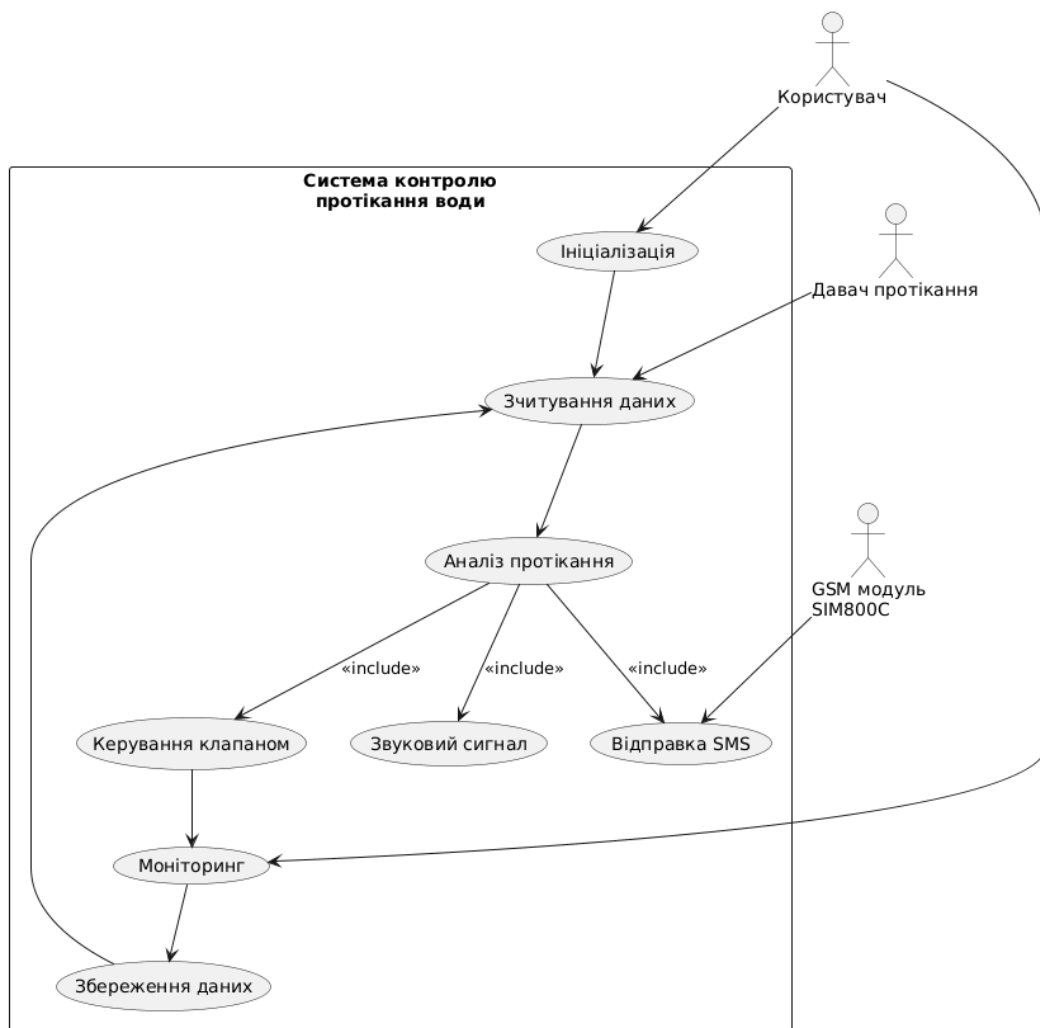


Рисунок 2.11 – Діаграма прецедентів

Таким чином, діаграма демонструє безперервний цикл: збір даних→аналіз→реагування→моніторинг→збереження→повторення, що забезпечує автоматичне та надійне функціонування системи контролю протікання води.

2.5 Висновки до розділу

У результаті виконаного проєктування сформовано архітектуру системи та створено фізичну схему взаємодії її складових. Спроектовано апаратний модуль рішення з дотриманням вимог надійності й безпечної експлуатації. Зокрема, побудовано структурну модель, функціональну логіку та принципову електричну схему.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ

Арк.

36

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

3.1 Алгоритм роботи системи

Алгоритм функціонування системи виявлення та запобігання витокам води включає послідовне виконання кількох взаємопов'язаних кроків, які забезпечують стабільну й безпечну експлуатацію в умовах сучасних технологій. Блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення для мікроконтролера СКПВ зображена на рисунку 3.1.

1. Початкове налаштування та запуск системи:

- виконується під'єднання апаратних модулів: сенсорів затоплення, виконавчого реле, електрокерованого запірного клапана, комунікаційного модуля SIM800C, а також звукового індикатора;
- здійснюється імпорт необхідних програмних компонентів, ініціалізація змінних, конфігурацій та службових параметрів;
- задаються робочі характеристики: інтервали опитування, допустимі межі спрацювання, сценарії реагування, а також параметри мережевого підключення (наприклад, для IoT-платформ або мобільних застосунків).

2. Отримання та обробка сигналів із сенсорів:

- система регулярно перевіряє показники датчиків для виявлення наявності води у контрольованих зонах;
- відбувається оцінка отриманих даних із урахуванням чутливості сенсорів, можливих перешкод та рівня небезпеки (локальне зволоження чи прорив).

3. Реакція на виявлення витоку:

- автоматично подається команда на перекриття водопостачання через керований клапан;
- вмикається звукове та світлове сповіщення для локального інформування користувача;
- надсилається SMS повідомлення власнику.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи СКПВ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

4. Контроль роботи запірного механізму:

– здійснюється відкриття або закриття клапана залежно від поточної ситуації чи команд користувача;

– фіксується його стан у системі для подальшого відстеження та діагностики (наприклад, через зворотний зв'язок або датчики положення).

5. Збір, збереження та передача інформації:

– усі події (протікання, зміна стану обладнання, аварійні ситуації) логуються;

– дані можуть записуватись не лише у внутрішню пам'ять мікроконтролера, а й передаватися до хмарних сервісів для аналітики, резервного збереження та віддаленого доступу.

6. Безперервний цикл роботи:

– описані процеси виконуються циклічно з мінімальними затримками;

– система постійно оновлює інформацію, аналізує середовище та реагує на зміни, забезпечуючи високий рівень надійності та автономності.

Такий підхід дозволяє не лише оперативно запобігати аваріям, а й інтегрувати систему в сучасну цифрову інфраструктуру житла чи підприємства.

3.2 Налаштування програмного забезпечення

Для створення програмного забезпечення розроблюваної системи застосовано відкрите та безкоштовне середовище Arduino IDE (рис. 3.2), яке орієнтоване на роботу з апаратною платформою Arduino. Воно вирізняється зрозумілим інтерфейсом і низьким порогом входу, що дає змогу оперативно розпочати реалізацію проєкту. Arduino IDE підтримує оновлений механізм автодоповнення коду, інтеграцію з хмарними сервісами та покращену систему керування бібліотеками. Мова програмування, що використовується в цьому середовищі, базується на C/C++, поєднуючи простоту синтаксису з широкими можливостями керування мікроконтролерами.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

```

File Edit Sketch Tools Help
Water_Leakage_Detection
// Підключення бібліотек
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <Sim800L.h> // Для GSM модуля
#include <EEPROM.h> // Для пам'яті мікроконтролера

// Піни RX, TX для GSM модуля
const int gsmRxFPin = 0;
const int gsmTxFPin = 1;

// Ініціалізація GSM модуля
SoftwareSerial gsmSerial(gsmRxFPin, gsmTxFPin);
Sim800L gsmModule(gsmSerial);

// Ініціалізація пінів
const int ledPin = 4; // Пін світлодіода
const int waterSensorPin1 = 5; // Пін давача протікання води 1

```

Рисунок 3.2 – Arduino IDE

Середовище забезпечує зручне завантаження створеного програмного коду на плату Arduino Nano через USB-інтерфейс або сучасні альтернативи (наприклад, через OTA для сумісних плат). Також доступний вбудований монітор послідовного порту, який використовується для перегляду діагностичних повідомлень, налагодження програм та обміну даними з мікроконтролером у реальному часі.

Arduino IDE виступає базовим інструментом розробки для платформи Arduino Nano, дозволяючи виконувати написання, компіляцію та завантаження програмного коду, необхідного для реалізації функціональних можливостей системи контролю протікання води (СКПВ). Крім того, у нових версіях середовища реалізовано підтримку розширених засобів дебагінгу та інтеграцію з системами контролю версій, що покращує процес розробки.

Для забезпечення взаємодії з GSM-модулем у середовищі Arduino IDE було використано менеджер бібліотек (рис. 3.3). У пошуковому рядку введено запит «SIM800», після чого зі списку результатів обрано актуальну бібліотеку, сумісну з сучасними версіями IDE.

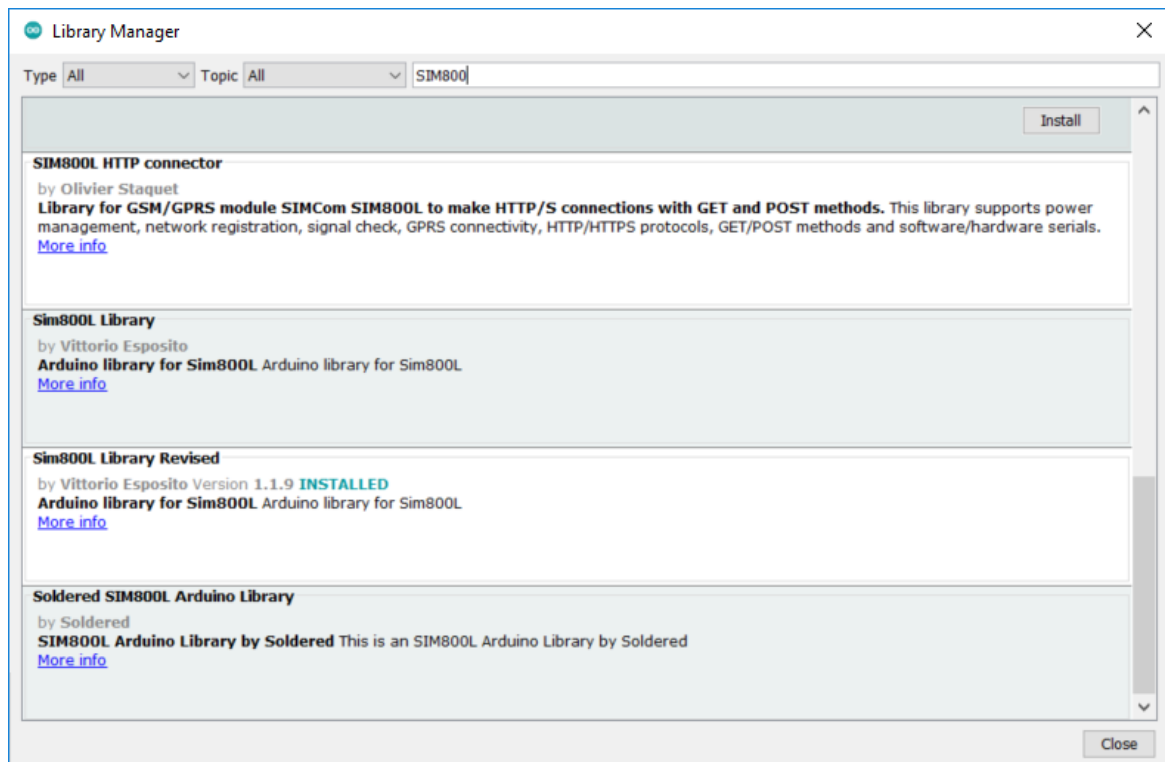


Рисунок 3.3 – Встановлення бібліотеки модуля SIM800

Після її підключення до проєкту з'являється можливість використовувати готові функції та класи для керування GSM-модулем.

Підключення додаткових бібліотек значно спрощує взаємодію з апаратними компонентами СКПВ, які під'єднані до плати Arduino Nano (рис. 3.5), і дозволяє зменшити обсяг низькорівневого програмування:

```
// Підключення бібліотек
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <Sim800L.h> // Для GSM модуля
#include <EEPROM.h> // Для пам'яті мікроконтролера
```

Фрагмент програми:

```
// Піни RX, TX для GSM модуля
const int gsmRxFPin = 0;
const int gsmTxPin = 1;

// Ініціалізація GSM модуля
SoftwareSerial gsmSerial(gsmRxFPin, gsmTxPin);
Sim800L gsmModule(gsmSerial);

// Ініціалізація пінів
const int ledPin = 4; // Пін світлодіода
```

```

const int waterSensorPin1 = 5; // Пін давача протікання води 1
const int waterSensorPin2 = 6; // Пін давача протікання води 2
const int valvePin = 12;      // Пін керування електричним клапаном
const int buzzerPin = 13;     // Пін керування п'єзодинаміком

// Ініціалізація об'єктів
SoftwareSerial gsmSerial(0, 1); // Піни RX, TX для GSM модуля

// Змінні стану
int waterSensor1State = 0; // Стан давача протікання води 1
int waterSensor2State = 0; // Стан давача протікання води 2

```

виконує початкове налаштування виводів, об'єктів і змінних, необхідних для подальшого функціонування системи. У ньому визначаються контакти RX (приймання даних) та TX (передавання даних), що використовуються для обміну інформацією з GSM-модулем. Далі створюється екземпляр класу SoftwareSerial для організації програмного послідовного з'єднання, а також об'єкт для роботи з модулем типу SIM800L або його сучасними аналогами.

Окрім цього, задаються піни для підключення основних компонентів системи:

- ledPin використовується для керування світлодіодним індикатором;
- waterSensorPin1 і waterSensorPin2 застосовуються для підключення датчиків виявлення витoku води;
- valvePin відповідає за керування електромагнітним клапаном;
- buzzerPin призначений для роботи зі звуковим сигналізатором.

Також оголошуються змінні waterSensor1State і waterSensor2State, які зберігають поточний стан датчиків. Значення 0 свідчить про відсутність витoku.

Функція sendSMS()

```

// функція для надсилання SMS
void sendSMS(const char* phoneNumber, const char* message) {
    gsmModule.sendSMS(phoneNumber, message);
}

```

реалізує надсилання текстових повідомлень за допомогою GSM-модуля. Вона приймає як аргументи номер телефону отримувача та текст повідомлення. У середині функції викликається відповідний метод об'єкта gsmModule, який забезпечує передачу SMS через мобільну мережу. У сучасних реалізаціях також

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

можливе використання альтернатив – наприклад, push-сповіщень або інтеграції з IoT-платформами.

Функція setup()

```
// функція ініціалізації
void setup() {
    // Ініціалізація пінів
    pinMode(waterSensorPin1, INPUT);
    pinMode(waterSensorPin2, INPUT);
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
    pinMode(valvePin, OUTPUT);
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);

    // Ініціалізація з'єднання з GSM модулем
    gsmSerial.begin(9600);

    // Ініціалізація флеш-пам'яті
    EEPROM.begin(512);
    // Закінчуємо роботу з флеш-пам'яттю
    EEPROM.end();

    delay(1000);
}
```

виконує первинну ініціалізацію системи перед запуском основного циклу. У її межах здійснюються такі операції.

1 Налаштування пінів:

- входи для датчиків витoku waterSensorPin1 та waterSensorPin2 ;
- виходи для світлодіода, клапана та звукового сигналізатора, відповідно ledPin, valvePin та buzzerPin.

2 Ініціалізація зв'язку з GSM-модулем шляхом встановлення швидкості передачі даних. Використовується метод begin для об'єкта gsmSerial.

3 Підготовка енергонезалежної пам'яті EEPROM (або її сучасних альтернатив, наприклад, емуляції у Flash-пам'яті), що дозволяє зберігати службову інформацію. Метод begin викликається з параметром 512 (розмір пам'яті).

4 Затримка приблизно на одну секунду для стабілізації роботи системи перед запуском основного алгоритму функцією delay.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Основна логіка роботи реалізована у функції loop():

```
// Зчитування стану датчиків протікання води
waterSensor1State = digitalRead(waterSensorPin1);
waterSensor2State = digitalRead(waterSensorPin2);

// Перевірка протікання води
if (waterSensor1State == HIGH || waterSensor2State == HIGH) {
    // Протікання виявлено
    // Закриття клапана
    digitalWrite(valvePin, HIGH);
    // Ввімкнення п'єзодинаміка
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);

    // Відправка сповіщення через GSM модуль
    gsmSerial.println("Протікання води виявлено!");
    // Відправлення сповіщення через GSM модуль
    const char* phoneNumber = "+380981234567"; // телефону
    const char* message = "Протікання води виявлено!";
    sendSMS(phoneNumber, message);

    // Записуємо значення у флеш-пам'ять
    EEPROM.put(dataAddress1, waterSensor1State);
    // Записуємо значення у флеш-пам'ять
    EEPROM.put(dataAddress2, waterSensor2State);
} else { // Немає протікання
    // Відкриття клапана
    digitalWrite(valvePin, LOW);
    // Вимкнення п'єзодинаміка
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);
}
```

яка виконується циклічно протягом усього часу роботи пристрою. У цьому циклі виконуються такі дії:

1 Зчитуються значення з датчиків витoku води (стан пінів waterSensorPin1 і waterSensorPin2) та записуються у відповідні змінні waterSensor1State і waterSensor2State.

2 Перевіряється наявність аварійної ситуації (витoku).

3 У разі виявлення витoku, якщо якийсь із сенсорів повертає HIGH:

– перекривається подача води шляхом активації клапана (високий рівень напруги на виводі valvePin);

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- вмикається звуковий сигнал (високий рівень напруги на піні buzzerPin);
- формується та передається повідомлення через GSM-модуль (викликом функції gsmSerial.println());

- надсилається SMS-сповіщення користувачу (функції sendSMS());
- дані про стан системи записуються в пам'ять (метод EEPROM.put).

4 Якщо витік відсутній (сенсори видають значення LOW):

- клапан відкривається (низький рівень напруги на виводі valvePin);
- звуковий сигналізатор вимикається (низький рівень напруги на піні buzzerPin).

5 Наприкінці кожної ітерації встановлюється затримка близько однієї секунди для стабільності роботи (функції delay()).

Таким чином, програма функціонує безперервно, здійснюючи моніторинг стану датчиків і своєчасно реагуючи на появу витіку води, що підвищує надійність та безпеку експлуатації системи у сучасних умовах.

3.3 Тестування системи

Для перевірки працездатності та загальної ефективності створеної системи було виготовлено й протестовано експериментальний прототип системи контролю протікання води (рис. 3.4). До його складу входять основні апаратні компоненти: датчики виявлення витіку води, електромагнітний клапан перекриття подачі, світлодіодний індикатор стану, п'єзозвуковий сигналізатор, а також GSM-модуль, призначений для відправлення сповіщень користувачу.

Метою тестування є перевірка працездатності, надійності та стабільності функціонування системи виявлення протікання води в різних режимах роботи, а також оцінка коректності взаємодії між її основними компонентами: датчиками, мікроконтролером, GSM-модулем, релейним модулем, електромагнітним клапаном та звуковим сигналізатором.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

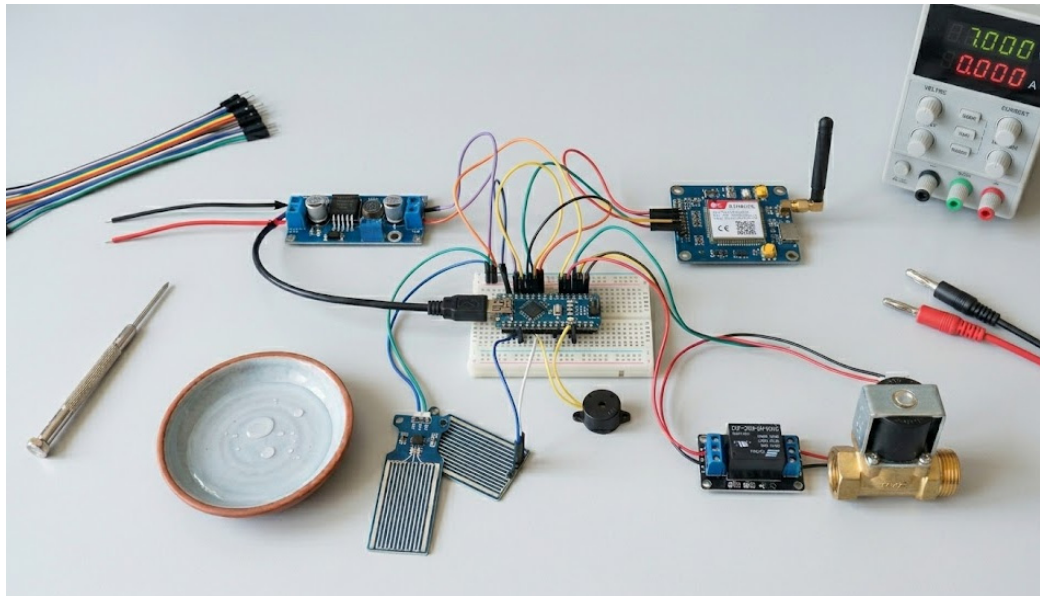


Рисунок 3.4 – Прототип системи контролю протікання води

Система була змонтована на макетній платі із забезпеченням надійних електричних з'єднань. Для імітації протікання використовувалась вода, яка подавалась безпосередньо на чутливі елементи датчиків.

Етапи тестування.

1 Перевірка живлення системи. На першому етапі здійснювалась перевірка коректності роботи джерела живлення та DC-DC перетворювача. Було виконано:

- вимірювання вихідних напруг (5 В, 3.3 В);
- перевірку стабільності напруги під навантаженням;
- контроль відсутності перегріву компонентів.

Результат: система отримує стабільне живлення, відхилення напруги знаходяться в допустимих межах.

2 Тестування датчиків протікання води. Було проведено вимірювання вихідних сигналів датчиків у двох станах:

- сухий стан;
- контакт з водою.

За результатами вимірювань визначено порогове значення, при якому система ідентифікує наявність води.

Результат: датчики забезпечують достатню чутливість та чітке розрізнення станів.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

3 Перевірка логіки обробки сигналів. На даному етапі перевірялась коректність роботи програмного забезпечення мікроконтролера. Було протестовано:

- зчитування сигналів з датчиків;
- порівняння з пороговим значенням;
- формування керуючих сигналів.

Результат: система коректно визначає стан “норма/протікання” та формує відповідні команди.

4 Тестування виконавчого механізму. Перевірялась робота релейного модуля та електромагнітного клапана. Було встановлено:

- при виявленні протікання реле активується;
- клапан перекриває подачу води;
- після усунення протікання система повертається у вихідний стан (залежно від алгоритму).

Результат: виконавчий механізм працює стабільно та без затримок.

5 Перевірка системи оповіщення. Проводилось тестування звукового та GSM-сповіщення. Було перевірено:

- активацію звукового сигналу при аварії;
- передачу повідомлення через GSM-модуль.

Результат: повідомлення передається коректно.

6 Інтеграційне тестування. На цьому етапі система тестувалась у комплексному режимі. Сценарій:

- імітація протікання води;
- виявлення події датчиком;
- обробка сигналу мікроконтролером;
- активація реле та клапана;
- генерація звукового сигналу;
- надсилання повідомлення.

Результат: всі компоненти системи працюють узгоджено.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

7 Стрес-тестування. Було проведено перевірку системи в умовах підвищеного навантаження:

- багаторазові спрацювання;
- тривала безперервна робота;
- одночасна робота декількох модулів.

Результат: система демонструє стабільну роботу без збоїв і перезавантажень.

У ході тестування встановлено:

- система забезпечує своєчасне виявлення протікання води;
- всі функціональні модулі працюють коректно;
- відсутні критичні помилки у взаємодії компонентів;
- система є стійкою до тривалої експлуатації.

Під час проведення випробувань розроблена система показала стабільну та коректну роботу в різних умовах. У момент фіксації витоку води датчиками система оперативно реагувала на подію: здійснювалося автоматичне перекриття подачі води шляхом активації клапана, вмикався звуковий сигнал тривоги, а також формувалося та передавалося повідомлення через GSM-канал зв'язку.

Отримані результати підтвердили, що створений прототип є дієвим засобом автоматичного контролю аварійних ситуацій, пов'язаних із витоків води. Його застосування дозволяє мінімізувати ризики пошкодження майна, знизити витрати водних ресурсів та підвищити загальний рівень безпеки експлуатації водопровідних систем.

Таким чином, результати експериментального тестування довели, що розроблений прототип СКПВ повністю виконує закладені функції та відповідає вимогам технічного завдання. Підтверджена працездатність і надійність системи свідчать про можливість її практичного використання в реальних умовах для своєчасного виявлення та запобігання витоків води у інженерних мережах.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3.4 Висновки до розділу

Створено алгоритмічну модель функціонування запропонованого програмно-апаратного комплексу.

Реалізовано програмну частину для обробки та аналізу сигналів від датчиків витоку води, а також для керування електромагнітним клапаном.

Здійснено випробування розробленого рішення з метою оцінки працездатності та ефективності його роботи.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній роботі було спроектовано програмно-апаратний комплекс, призначений для виявлення витоків води та попередження затоплення приміщень. У ході роботи отримано наступні результати.

Проведено огляд наявних систем контролю протікань води, у ході якого встановлено їхні переваги та недоліки.

Спроектовано апаратний модуль рішення з дотриманням вимог надійності й безпечної експлуатації. Зокрема, побудовано структурну модель, функціональну логіку та принципову електричну схему.

Створено алгоритмічну модель функціонування запропонованого програмно-апаратного комплексу.

Реалізовано програмну частину для обробки та аналізу сигналів від датчиків витoku води, а також для керування електромагнітним клапаном.

Здійснено випробування розробленого рішення з метою оцінки працездатності та ефективності його роботи.

Отримані результати свідчать про високу ефективність створеної системи та підтверджують можливість її застосування як у побутових умовах, так і в комерційних середовищах. Використання такого рішення здатне суттєво зменшити ймовірність затоплення приміщень.

У подальшому планується розширення функціональності системи, зокрема шляхом інтеграції з іншими компонентами «розумного будинку», а також впровадження можливості дистанційного керування через мобільний застосунок.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Зозуля Т. Ю. Комп'ютеризована система контролю протікання води : кваліфікаційна робота бакалавра : 123 Комп'ютерна інженерія / Зозуля Т. Ю. – Тернопіль, 2023. – 72 с.

2 Hebbel G. V., Vita J. J. Top 10 Insurance Cases of 2020. URL: <https://www.sdvlaw.com/insights/top-10-insurance-cases-of-2020> (дата звернення: 16.05.2023).

3 Система захисту від затоплення Ajax Systems. URL: <https://ajax.systems/ua/products/water-leak-prevention/> (дата звернення: 17.04.2026).

4 Система захисту від потопу для розумного будинку Tervix ZigBee Water Stop. URL: https://tervix.ua/product/Tervix/rozumniy_budinok/rishennya/ (дата звернення: 17.04.2026).

5 Система контролю протікання води Neptun Aquacontrol. URL: <https://neptun.ua/products/zashchita-ot-potopa/provodnie-komplekti/83.html> (дата звернення: 17.04.2026).

6 Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2021 році. URL: <https://www.minregion.gov.ua/about/plandiynosti-ministerstva/zvit-za-rezultatamy-diyalnosti-minregionu-u-2020-rocz/attachment/zvit-diyalnosti-minregionu-za-2020-rik/> (дата звернення: 16.04.2026).

7 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.

8 Vasylykivskiy I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria. 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

9 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. 2017. Vol. 2, P. 1051-1055.

10 Лупенко С. А., Пасічник В. В., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006». 2015. 354 с.

11 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.

12 Паламар А. М., Осов'як І. І. Комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система для моніторингу пристроїв безперебійного електроживлення. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми, перспективи», Тернопіль. 2015. С. 111–112.

13 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», Pärnu, Estonia. 2010. P. 54–61.

14 Паламар А. М. Комп'ютерна система для моніторингу параметрів джерел безперебійного живлення на основі технології Internet of Things. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій», Тернопіль. 2019. С. 208–209.

15 Палій Р. Я., Паламар А. М. Система моніторингу технічного стану транспортних засобів на основі технології інтернету речей. Матеріали V науковотехнічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". 2018. С. 77.

16 Паламар М. І., Паламар А. М. Система керування і моніторингу пристроїв гарантованого електроживлення. Праці II Міжнародної науково-технічної

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

конференції «Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми й перспективи», Тернопіль. 2005. С. 135–139.

17 Купратий І.Г., Паламар А.М. Комп'ютерна система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 142.

18 Паламар А.М., Купратий І.Г. Система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі інтернету медичних речей. Матеріали X науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 85.

19 Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 112.

20 Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології", Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

21 Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології", Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

22 D. M. Kumar and T. Jagadeep, "Water pipeline leakage detection and monitoring system using smart sensor with iot," presented at the Journal of Physics: Conference Series, vol. 2267, p. 012122, IOP Publishing, 2022.

23 E. Farah and I. Shahrour, "Water leak detection: A comprehensive review of methods, challenges, and future directions," Water, vol. 16, no. 20, p. 2975, 2024.

24 H. H. Kadar, S. S. Sameon, and M. E. Rusli, "SMART2L: Smart water level and leakage detection," International Journal of Engineering and Technology (UAE), vol. 7, no. 4.36, pp. 448-452, 2018. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.36.23914> (дата звернення: 07.05.2026).

					БР.КІ-27.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

ДОДАТКИ

КОД ПРОГРАМИ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

```
// Підключення бібліотек
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <Sim800L.h> // Для GSM модуля
#include <EEPROM.h> // Для пам'яті мікроконтролера

// Піни RX, TX для GSM модуля
const int gsmRxPin = 0;
const int gsmTxPin = 1;

// Ініціалізація GSM модуля
SoftwareSerial gsmSerial(gsmRxPin, gsmTxPin);
Sim800L gsmModule(gsmSerial);

// Ініціалізація пінів
const int ledPin = 4;           // Пін світлодіода
const int waterSensorPin1 = 5; // Пін давача протікання води 1
const int waterSensorPin2 = 6; // Пін давача протікання води 2
const int valvePin = 12;        // Пін керування електричним клапаном
const int buzzerPin = 13;       // Пін керування п'єзодинаміком

// Ініціалізація об'єктів
SoftwareSerial gsmSerial(0, 1); // Піни RX, TX для GSM модуля

// Змінні стану
int waterSensor1State = 0; // Стан давача протікання води 1
int waterSensor2State = 0; // Стан давача протікання води 2

// Функція для надсилання SMS
```

```
void sendSMS(const char* phoneNumber, const char* message) {
    gsmModule.sendSMS(phoneNumber, message);
}

// Адреса в пам'яті EEPROM для збереження даних
const int dataAddress = 0;

// Функція ініціалізації
void setup() {
    // Ініціалізація пінів
    pinMode(waterSensorPin1, INPUT);
    pinMode(waterSensorPin2, INPUT);
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
    pinMode(valvePin, OUTPUT);
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);

    // Ініціалізація з'єднання з GSM модулем
    gsmSerial.begin(9600);

    // Ініціалізація флеш-пам'яті
    EEPROM.begin(512);
    // Закінчуємо роботу з флеш-пам'яттю
    EEPROM.end();

    delay(1000);
}

// Основний цикл програми
void loop() {
    // Зчитування стану датчиків протікання води
    waterSensor1State = digitalRead(waterSensorPin1);
    waterSensor2State = digitalRead(waterSensorPin2);

    // Перевірка протікання води
    if (waterSensor1State == HIGH || waterSensor2State == HIGH) {
        // Протікання виявлено
    }
}
```

```
// Закриття клапана
digitalWrite(valvePin, HIGH);

// Ввімкнення п'єзодинаміка
digitalWrite(buzzerPin, HIGH);

// Відправка сповіщення через GSM модуль
gsmSerial.println("Протікання води виявлено!");

// Відправлення сповіщення через GSM модуль
const char* phoneNumber = "+380981234567"; // телефону
const char* message = "Протікання води виявлено!";

sendSMS(phoneNumber, message);

// Записуємо значення у флеш-пам'ять
EEPROM.put(dataAddress1, waterSensor1State);
// Записуємо значення у флеш-пам'ять
EEPROM.put(dataAddress2, waterSensor2State);

} else {
    // Немає протікання

    // Відкриття клапана
    digitalWrite(valvePin, LOW);

    // Вимкнення п'єзодинаміка
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);
}

// Затримка між ітераціями циклу
delay(1000);
}
```

[illegible]

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Шимський Ростислав Олегович

Співавтор:

Назва: PZ_Шимський

Науковий керівник: Заячук Ярослав Іванович

Підрозділ: Каф. КСМ

Коефіцієнт подібності 1: 2.07%

Мікропробіли: 4

Заміна букв: 130

Інтервали: 0

Білі знаки: 143

Дата створення звіту: 2026-05-01 11:37:48.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☒ Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

☐ Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

☐ Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2026-05-01

Надія Бузоверя

Дата

експерт

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема дипломної роботи: "Розробка мікроконтролерної системи виявлення протікання води на основі ATmega328"

Обсяг пояснювальної записки 53 аркушів.

15 рисунки;

7 таблиць;

1 додатки.

Дата завершення роботи: *11 червня 2026 р.*

Підпис студента-дипломника _____ *Шимський Р. О.*