

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Фізико-технічний факультет

Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

Соляник Андрій Анатолійович

Andriy Solyanyuk

УДК ____ 004:42

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеня _____ бакалавра _____

Розроблення дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води
річок

Development of a remote ultrasonic system for river water level monitoring

Науковий керівник:

Кандидат к.ф.-м-н, доцент

комп'ютерної інженерії та

електроніки, Андрій

ТЕРЛЕЦЬКИЙ

Рецензент:

к. ф.-м. н, зав. каф. фізики і

методики викладання, Ігор

ЛЩИНСЬКИЙ

Івано-Франківськ

2024

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці дистанційної ультразвукової системи для моніторингу рівня води в річках. У роботі проаналізовано існуючі методи вимірювання рівня води та обґрунтовано вибір ультразвукового методу як найбільш доцільного для дистанційного застосування. Розроблено структурну схему та алгоритм роботи системи, що включає ультразвуковий датчик, мікроконтролер для обробки даних та модуль бездротової передачі інформації. Запропоновано програмне забезпечення для збору, аналізу та візуалізації даних про рівень води. Проведено експериментальні дослідження прототипу системи, які підтвердили її ефективність та точність вимірювань. Розглянуто перспективи впровадження розробленої системи для моніторингу паводкової ситуації та раннього попередження про повені.

Мета дослідження: Розробка та впровадження ефективної дистанційної ультразвукової системи для моніторингу рівня води в річках з метою попередження повеней та оптимізації водокористування.

Об'єкт дослідження: Процес вимірювання та моніторингу рівня води в річках.

Предмет дослідження: Методи та засоби дистанційного ультразвукового вимірювання рівня води.

Методи дослідження: Аналіз наукової літератури, математичне моделювання, експериментальні дослідження, статистичний аналіз даних.

					123.КІ-41.19						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Соляник А.А.			Анотація			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевірив		Терлецький А.І.								3	1
Н. Контр.											
Затвердив											

ABSTRACT

The qualification work is devoted to the development of a remote ultrasonic system for monitoring the water level in rivers. The paper analyzes the existing methods of water level measurement and substantiates the choice of the ultrasonic method as the most appropriate for remote application. The structural diagram and algorithm of the system, which includes an ultrasonic sensor, a microcontroller for data processing, and a wireless information transmission module, have been developed. Software for collection, analysis and visualization of water level data is offered. Experimental studies of the prototype of the system were carried out, which confirmed its effectiveness and accuracy of measurements. Prospects for the implementation of the developed system for monitoring the flood situation and early flood warning are considered.

The purpose of the research: Development and implementation of an effective remote ultrasonic system for monitoring the water level in rivers in order to prevent floods and optimize water use.

Research object: The process of measuring and monitoring the water level in rivers.

Research subject: Methods and means of remote ultrasonic water level measurement.

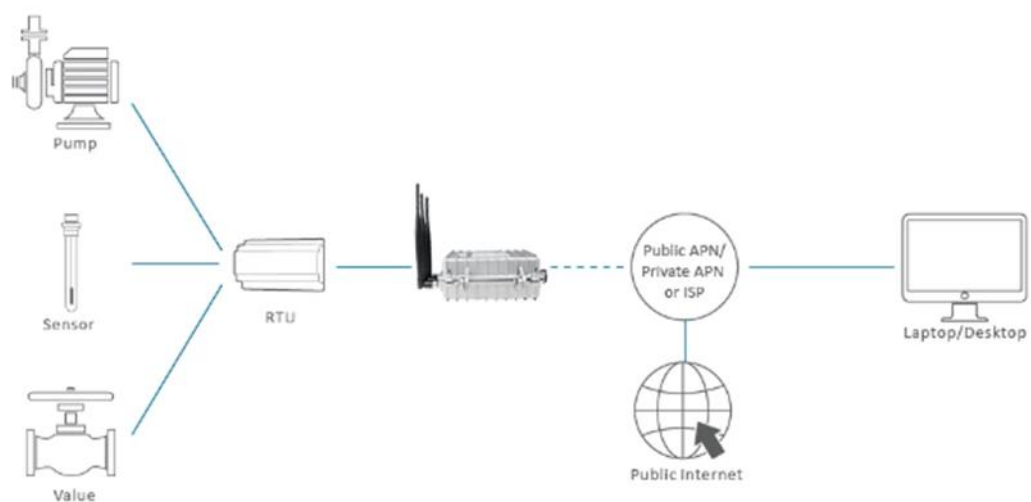
Research methods: Analysis of scientific literature, mathematical modeling, experimental studies, statistical data analysis.

					123.KI-41.19		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Abstract		
Розробив		Соляник А.А.					
Перевірив		Терлецький А.І.					
Н. Контр.							
Затвердив							
					Лім.	Арк.	Аркуші
						4	1

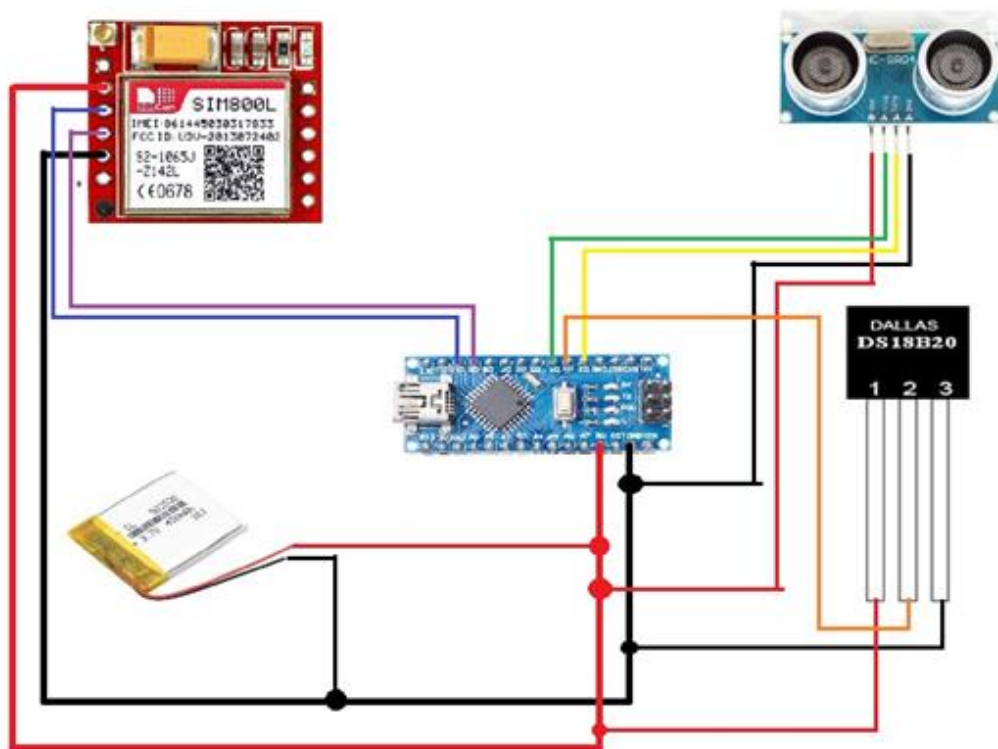
ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- УЗ - Ультразвуковий
- ДУСМ - Дистанційна ультразвукова система моніторингу
- РВ - Рівень води
- ДВ - Датчик води
- ПЗ - Програмне забезпечення
- АЦП - Аналого-цифровий перетворювач
- ЦАП - Цифро-аналоговий перетворювач
- МК - Мікроконтролер
- ІОТ - Інтернет речей (Internet of Things)
- GPS - Глобальна система позиціонування
- GSM - Глобальна система мобільного зв'язку
- ЧМ - Частотна модуляція
- БД - База даних
- API - Інтерфейс програмування додатків
- SCADA - Диспетчерське управління та збір даних

					123.KI-41.19							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Соляник А.А.			Abstract				Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		Терлецький А.І.									4	1
Н. Контр.												
Затвердив												



					123.КІ-41.19						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Принцип роботи моніторингу якості води річок			Літ.	Арк.	Аркуші	
Розробив		Соляник А.А.									
Перевірив		Терлецький А.І.							5	1	
Н. Контр.											
Затвердив											



					123.KI-41.19			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електрична схема ультразвукового пристрою для вимірювання якості води	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Соляник А.А.						
Перевірив		Терлецький А.І.					6	1
Н. Контр.								
Затвердив								

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи

на тему:

**«Розроблення дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води
річок»**

					123.КІ-41.19						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркуші	
Розробив	Соляник А.А.										
Перевірив	Терлецький А.І.								7	62	
Н. Контр.											
Затвердив											

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ...	4
1.1. Важливість моніторингу якості води.....	4
1.2. Параметри моніторингу якості води.....	7
1.3. Особливості використання системи: переваги та недоліки.....	8
1.4. Загальні компоненти для створення системи.....	12
1.5. Аналоги пристроїв моніторингу якості води річок.....	14
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ.....	17
2.1. Розробка структурної схеми системи.....	17
2.2. Вибір та обґрунтування компонентів системи.....	19
2.3. Проектування електричної схеми пристрою.....	27
2.4. Розробка алгоритму роботи системи.....	29
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ.....	33
3.1. Проектування програмного забезпечення для Arduino Nano.....	33
3.2. Розробка інтерфейсу користувача для відображення даних.....	37
3.3. Польові випробування та аналіз результатів роботи системи.....	45
3.4. Оцінка точності та надійності розробленої системи.....	47
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51
ДОДАТОК.....	54
Додаток А. Код для пристрою.....	54
Додаток Б. Код веб-сторінки.....	56

ВСТУП

Моніторинг рівня води в річках є критично важливим завданням для запобігання повеней, управління водними ресурсами та екологічного контролю. Традиційні методи вимірювання рівня води часто вимагають безпосереднього доступу до водойми, що може бути небезпечним або неможливим у певних умовах. Дистанційні системи моніторингу пропонують вирішення цієї проблеми, забезпечуючи безпечний та ефективний збір даних.

Ця кваліфікаційна робота присвячена розробці дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води в річках. Ультразвукова технологія обрана завдяки її точності, надійності та здатності працювати в різноманітних погодних умовах. Дистанційний характер системи дозволяє здійснювати вимірювання без прямого контакту з водною поверхнею, що розширює можливості застосування та підвищує безпеку експлуатації.

У роботі буде розглянуто теоретичні основи ультразвукового вимірювання, проаналізовано існуючі рішення та їх обмеження, а також запропоновано інноваційний підхід до проектування системи. Особлива увага буде приділена питанням точності вимірювань, енергоефективності та інтеграції з сучасними системами збору та обробки даних.

Результати дослідження мають потенціал для застосування в галузі гідрології, метеорології та екологічного моніторингу, сприяючи більш ефективному управлінню водними ресурсами та підвищенню безпеки прибережних територій.

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ

1.1. Важливість моніторингу якості води

Вода - це фундаментальний елемент життя на Землі, значення якого усвідомлює кожен, від малого до великого. Однак, з розвитком цивілізації та зростанням антропогенного впливу на довкілля, ми стикаємося з серйозною проблемою - забрудненням водних ресурсів.

Різноманітні види людської діяльності негативно впливають на чистоту води. Серед основних джерел забруднення можна виділити:

1. Промислові підприємства, які скидають неочищені або недостатньо очищені стоки.
2. Сільськогосподарський сектор, де використання пестицидів та добрив призводить до забруднення ґрунтових вод.
3. Міські каналізаційні системи, особливо в регіонах з недостатньо розвиненою інфраструктурою очисних споруд.
4. Несанкціоновані звалища та полігони твердих побутових відходів, які можуть стати джерелом токсичних речовин, що потрапляють у водойми.

Ці фактори призводять до погіршення якості питної води, що викликає зростаюче занепокоєння серед населення щодо її безпеки. Забруднена вода може містити шкідливі мікроорганізми, важкі метали та інші токсичні речовини, які становлять серйозну загрозу для здоров'я людей.

У відповідь на ці виклики, у багатьох країнах впроваджуються суворіші екологічні норми та інвестуються кошти в розробку сучасних технологій очищення води. Крім того, зростає роль громадських організацій та освітніх програм, спрямованих на підвищення обізнаності населення щодо важливості збереження водних ресурсів.

Забезпечення доступу до чистої питної води залишається одним з ключових завдань для сталого розвитку суспільства та збереження здоров'я майбутніх поколінь.

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Що саме викликає забруднення води?

Забруднення водних ресурсів є складною проблемою з численними джерелами та шляхами поширення. Серед головних чинників варто відзначити скиди неочищених або недостатньо очищених комунальних та промислових стоків. Не менш важливим фактором є просочування забруднюючих речовин через ґрунт у підземні води, а також їх перенесення повітряними масами та подальше осадження з атмосферними опадами.

Спектр забруднювачів води надзвичайно широкий. Він включає мікробіологічні агенти (віруси, бактерії, найпростіші), хімічні сполуки (нітрати, фосфати, пестициди, фармацевтичні препарати), органічні відходи, радіоактивні елементи та мікропластик. Особливу небезпеку становлять так звані невидимі забруднювачі, які не змінюють візуальних характеристик води, але можуть завдавати значної шкоди екосистемам та здоров'ю людини.

Варто також звернути увагу на проблему евтрофікації водойм, спричинену надмірним надходженням поживних речовин, особливо сполук азоту та фосфору. Це призводить до бурхливого розвитку водоростей, зниження рівня кисню у воді та загибелі водних організмів.

Окремо слід відзначити зростаючу загрозу забруднення вод мікропластиком. Ці дрібні частинки пластику здатні накопичуватися у водних екосистемах, потрапляти в організми живих істот та переміщуватися харчовими ланцюгами.

Забруднення води також може мати термічний характер. Скидання підігрітих промислових вод у природні водойми змінює їх температурний режим, що негативно впливає на місцеву флору і фауну.

Для ефективної боротьби із забрудненням води необхідний комплексний підхід, що включає вдосконалення систем очистки стоків, впровадження ресурсозберігаючих технологій, посилення контролю за дотриманням екологічних норм та підвищення екологічної свідомості населення.

Наслідки поганої якості води

Надмірне використання природних ресурсів людством має серйозні наслідки для якості води у всьому світі. Це негативно впливає на здоров'я населення,

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

екологічний баланс та економічний розвиток різних регіонів. Погіршення якості води призводить до низки проблем, серед яких:

1. Руйнування екосистем: Забруднення водойм спричиняє надмірне розмноження певних видів водоростей, що порушує природний баланс. Це призводить до зменшення кількості кисню у воді та загибелі багатьох водних організмів, зокрема риб та земноводних.

2. Забруднення харчових ланцюгів: Коли забруднена вода використовується для зрошення сільськогосподарських культур або напування худоби, шкідливі речовини потрапляють до продуктів харчування. Крім того, риба з забруднених водойм може містити небезпечні для здоров'я токсини.

3. Дефіцит питної води: Забруднення джерел прісної води промисловими відходами, пестицидами та добривами значно зменшує запаси чистої питної води. Це створює проблеми не лише для споживання, але й для санітарії та охорони здоров'я.

4. Поширення захворювань: Низька якість води сприяє розповсюдженню різноманітних інфекційних захворювань серед людей і тварин. Це може призвести до епідемій та негативно вплинути на загальний стан здоров'я населення.

5. Економічні наслідки: Забруднення води призводить до значних економічних втрат через необхідність очищення водойм, лікування захворювань, пов'язаних з водою, та зменшення продуктивності сільського господарства і рибальства.

6. Вплив на клімат: Забруднення води може сприяти зміні клімату через виділення парникових газів з водойм та зміну природних циклів вуглецю.

7. Соціальні проблеми: Нестача чистої води може призвести до конфліктів за водні ресурси між громадами та навіть країнами.

Традиційні методи моніторингу якості води часто виявляються недостатньо ефективними через їх повільність та обмежене охоплення. У світлі стрімкого виснаження джерел прісної води існує нагальна потреба у впровадженні сучасних технологій для оцінки якості води в режимі реального часу.

Для вирішення цих проблем необхідно:

					123.KI-41.19	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Впроваджувати інноваційні технології очищення води та моніторингу її якості.
2. Розробляти та застосовувати більш жорсткі екологічні норми щодо скидання промислових відходів.
3. Підвищувати обізнаність населення щодо важливості збереження водних ресурсів.
4. Інвестувати у відновлення та захист природних водних екосистем.
5. Розвивати міжнародне співробітництво для вирішення глобальних проблем, пов'язаних з якістю води.

Лише комплексний підхід до вирішення проблеми забруднення води дозволить зберегти цей життєво важливий ресурс для майбутніх поколінь.

1.2. Параметри моніторингу якості води

Розумні системи моніторингу якості води (РСМЯВ) - це передові технологічні рішення, спрямовані на забезпечення безпеки та придатності водних ресурсів. Ці системи здійснюють постійний нагляд за ключовими показниками, аналізують їх динаміку та своєчасно сигналізують про потенційні загрози. Серед численних параметрів, які відстежуються РСМЯВ, особливу увагу приділяють наступним:

Мінералізація води

Концентрація розчинених солей у воді є критичним фактором її якості. Надмірна мінералізація може суттєво вплинути на кислотно-лужний баланс, роблячи воду непридатною для споживання людьми та тваринами. У сферах аквакультури та тваринництва контроль рівня солей є життєво важливим, оскільки різкі зміни можуть призвести до масштабних втрат.

Мікробіологічне забруднення

Присутність патогенних мікроорганізмів у воді становить серйозну загрозу для громадського здоров'я. Споживання забрудненої води може викликати широкий спектр захворювань - від легких розладів травлення до тяжких інфекцій. РСМЯВ застосовують інноваційні методики для точного визначення концентрації бактерій та інших патогенів як у необроблених джерелах, так і в очищеній воді.

Додаткові важливі параметри, які контролюються РСМЯВ:

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Рівень рН

Кислотність або лужність води впливає на її хімічні та біологічні властивості. Відхилення рН від нормального діапазону може свідчити про забруднення або інші проблеми з якістю води.

Вміст хлору

У системах водопостачання хлор використовується для дезінфекції. РСМЯВ контролюють його рівень, щоб забезпечити ефективне знезараження без перевищення безпечних концентрацій.

Каламутність

Цей параметр вказує на наявність завислих частинок у воді. Висока каламутність може знижувати ефективність дезінфекції та створювати сприятливе середовище для розмноження мікроорганізмів.

Розчинений кисень

Особливо важливий параметр для водних екосистем. Низький рівень кисню може призвести до загибелі водних організмів та порушення екологічного балансу.

Впровадження РСМЯВ дозволяє оперативно реагувати на зміни якості води, оптимізувати процеси очищення та забезпечувати населення безпечною питною водою. Ці системи відіграють ключову роль у запобіганні водним кризам та підтримці здоров'я екосистем.

1.3. Особливості використання системи: переваги та недоліки

З кінця 20 століття інтерес населення до якості питної води значно зріс. Багато водопровідних підприємств почали впроваджувати системи моніторингу, що дозволяють отримувати дані про стан води в реальному часі. Для визначення таких показників, як рН, каламутність, вміст розчиненого кисню та інших характеристик, розроблені розумні датчики та системи дистанційного моніторингу на основі технологій Інтернету речей, які набули широкого застосування на початку 21 століття. Крім того, деякі методи дистанційного зондування використовуються для моніторингу якості води у річках, естуаріях та прибережних водних об'єктах, що дозволяє оперативно реагувати на зміни у стані навколишнього середовища. Завдяки цьому технологічному прогресу стало

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

можливим ефективніше забезпечувати безпеку водних ресурсів, запобігати забрудненням та проводити глибший аналіз впливу людської діяльності на водні екосистеми.

Недоліки традиційної системи управління водними ресурсами

Якість води визначається на основі її хімічних, фізичних і біологічних властивостей, згідно з встановленими стандартами використання. У традиційних підходах до моніторингу якості води зразки відбираються і аналізуються в лабораторних умовах. Такий процес має низку обмежень, включаючи високу витратність часу, значні фінансові витрати та ризики помилок, пов'язаних з людським фактором.

- **Невідворотні помилки:** Незважаючи на високий рівень підготовки працівників, людський фактор залишається суттєвим ризиком. Помилки у вимірюваннях, наприклад, невірні дані про якість води, можуть призвести до хибних висновків. Ці помилки є неминучими, оскільки повністю уникнути людського фактору неможливо.
- **Витрати часу:** Ручне налаштування та перевірка зондів і датчиків забирає багато часу, який міг би бути використаний на аналіз даних для прийняття стратегічних рішень у сфері управління водними ресурсами.
- **Фінансові витрати:** Проведення польових досліджень, організація експедицій та транспортування обладнання для вимірювання фізичних і хімічних параметрів води потребують значних фінансових витрат.

Крім того, традиційні методи не дозволяють оперативно реагувати на зміни якості води, що може призвести до негативних наслідків для здоров'я населення і стану екосистем.

Переваги використання IoT для моніторингу якості води

Системи моніторингу якості води, засновані на технологіях Інтернету речей (IoT), відкривають нові можливості для ефективного управління водними ресурсами. Вони включають в себе використання інтелектуальних датчиків, IoT шлюзових пристроїв та сучасних комунікаційних технологій для збору й передачі даних.

					123.KI-41.19	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

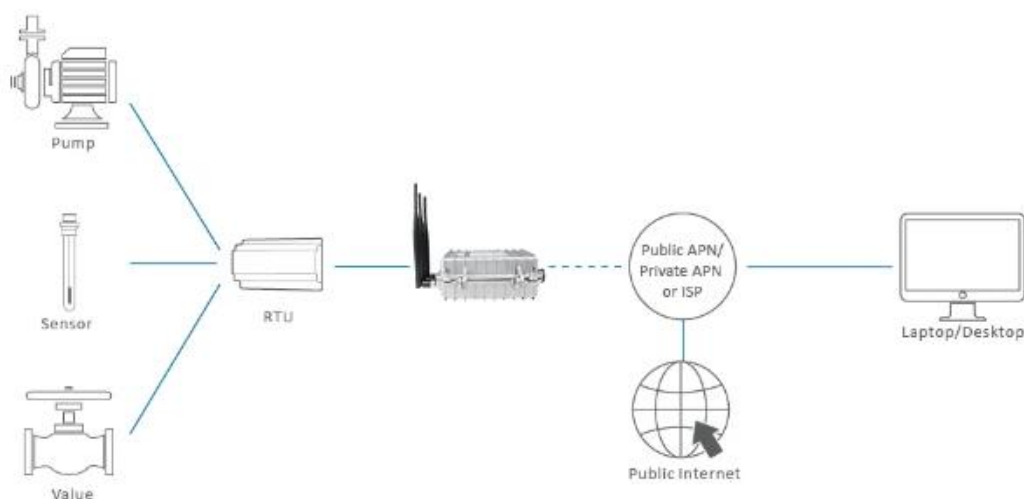


Рисунок 1.1 – Принцип роботи моніторингу якості води річок

Реальний час моніторингу: За допомогою IoT технологій можна безперервно відслідковувати такі параметри, як температура води, рівень кисню, рН тощо, і передавати ці дані на віддалені сервери. Це дозволяє забезпечити постійний моніторинг якості води в реальному часі, що критично важливо для оперативного реагування на будь-які зміни.

Системи моніторингу якості води на основі технології Інтернету речей (IoT) стають надзвичайно важливими для забезпечення екологічної безпеки. Зокрема, температурні датчики можна використовувати для постійного контролю стану водойм, таких як озера та річки. Наприклад, аномальні зміни температури можуть свідчити про проблеми, такі як цвітіння водоростей або зміни в екосистемі.

Основні переваги системи моніторингу якості води на основі IoT:

1. Моніторинг води в реальному часі: Інтернет речей дозволяє отримувати дані про якість води в режимі реального часу з різних точок. Використовуючи зовнішні шлюзи LoRaWAN, ці дані можна передавати з певними інтервалами часу, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в стані води.

2. Раннє виявлення забруднення: Система постійно вимірює фізичні, хімічні та мікробіологічні параметри води, що дозволяє швидко виявляти забруднення та запобігати його поширенню. Це дозволяє вжити необхідних заходів на ранніх етапах і уникнути негативних наслідків.

3. Своєчасне сповіщення про зміни: Мережа інтелектуальних датчиків створює загальну картину стану водного об'єкту. Завдяки взаємодії між датчиками, система може оперативно інформувати про будь-які відхилення від норми, що дозволяє швидко визначати потенційні загрози чи небезпеки.

4. Зниження витрат і підвищення ефективності: Використання бездротових сенсорних мереж та промислових IoT-шлюзів дозволяє значно знизити витрати на польові дослідження. Замість того, щоб витрачати багато часу на вимірювання безпосередньо на місці, дослідники можуть більше зосередитися на аналізі зібраних даних та прогнозуванні тенденцій.

5. Зменшення людського фактора: Автоматичне завантаження даних з датчиків значно знижує ймовірність людських помилок. Це забезпечує більш точне та надійне отримання даних, що є критично важливим для прийняття рішень.

6. Підвищена безпека: Захист даних, зібраних IoT-системами, є важливим аспектом їхнього функціонування. Для захисту даних використовуються методи апаратного шифрування на рівні шлюзів, що зменшує ризик несанкціонованого доступу. Крім того, різні протоколи IoT активно працюють над підвищенням безпеки своїх систем, включаючи шифрування даних.

Як працює моніторинг води? Система моніторингу якості води на основі IoT функціонує за допомогою інтегрованих інтелектуальних датчиків, які вимірюють різноманітні параметри, що впливають на якість води. Ці датчики підключені до мікроконтролера (MCU), який збирає та обробляє дані. Далі інформація передається через шлюзи IoT до хмарного сервісу, де дані зберігаються та можуть бути віддалено проаналізовані. Для цього використовується платформа ThingsBoard із спеціальними SDK-пакетами. На додаток, система може містити настільний додаток, що дозволяє виконувати аналіз і класифікацію отриманих даних, надаючи користувачам можливість стежити за якістю води в реальному часі.

Користувачі можуть масштабувати систему, додаючи нові датчики для вимірювання додаткових параметрів, таких як рН, температура, рівень розчиненого кисню, і навіть визначення наявності шкідливих хімічних речовин.

					123.KI-41.19	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки цьому система може бути налаштована під конкретні потреби, наприклад, для моніторингу води в річках, озерах, або водопровідних системах.

Основні компоненти цієї системи включають:

1. Датчики: вимірюють різні показники якості води.
2. Мікроконтролер (MCU): обробляє дані з датчиків.
3. Шлюзи IoT: передають дані до хмарного сервісу.
4. Платформа для віддаленого моніторингу: аналізує та зберігає дані.
5. Настільний додаток: надає можливість аналізу та візуалізації даних.

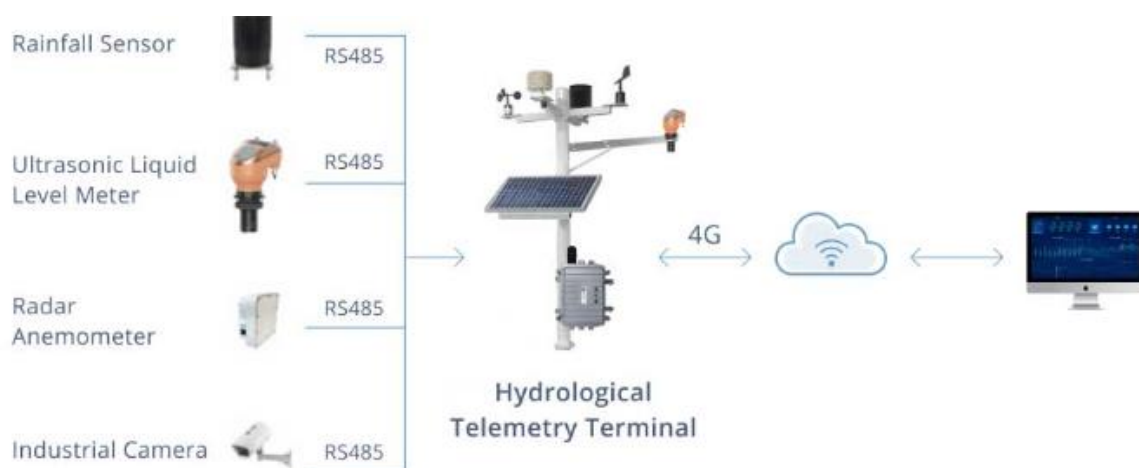


Рисунок 1.2 - Блок-схема системи моніторингу якості води

Додатково, інтеграція з аналітичними інструментами на основі штучного інтелекту може забезпечити прогнозування потенційних загроз забруднення та пропонування рішень для їхнього запобігання.

1.4. Загальні компоненти для створення системи

Щоб ефективно розуміти функціонування системи моніторингу якості води з використанням Інтернету речей (IoT), важливо ознайомитися з її основними компонентами.

1. Датчики

Датчики є невід'ємною частиною таких систем. Вони розташовуються безпосередньо у водних джерелах, як-от озера, річки, водосховища тощо, і використовуються для вимірювання важливих параметрів, таких як температура, рівень рН, каламутність, електропровідність тощо. Ці показники дозволяють

оцінити якість води в режимі реального часу, що є критично важливим для своєчасного виявлення забруднень і забезпечення безпеки водних ресурсів.

2. Лічильники

Для точного відстеження споживання води в побуті та на промислових об'єктах використовуються розумні водопровідні лічильники, які інтегруються з IoT-системами. Вони надають можливість водопостачальним службам не лише збирати дані про споживання води в реальному часі, але й більш ефективно керувати інфраструктурою, реагуючи на можливі витoki чи інші проблеми.

3. Шлюзи

Шлюзи відіграють вирішальну роль у передаванні даних від датчиків до хмарних серверів. Особливо це важливо у випадках, коли датчики не мають можливості використовувати IP-адреси для підключення до Інтернету. Без шлюзів передача даних до хмарного сховища була б неможливою. В системах IoT для моніторингу якості води можуть використовуватися різні протоколи бездротового зв'язку, як-от LPWAN (глобальні мережі малої потужності), Wi-Fi, Bluetooth або Zigbee.

4. Додаткові Компоненти

Окрім вищезазначених елементів, такі системи можуть включати контролери для автоматичного управління обладнанням, програмне забезпечення для аналізу даних і візуалізації результатів, а також інтерфейси для дистанційного доступу й управління. Інтеграція всіх цих компонентів дозволяє створювати потужні, надійні системи, які здатні працювати у важкодоступних або небезпечних для людей умовах, забезпечуючи стабільний моніторинг і своєчасне реагування на зміни в якості води.

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.5. Аналоги пристроїв моніторингу якості води річок

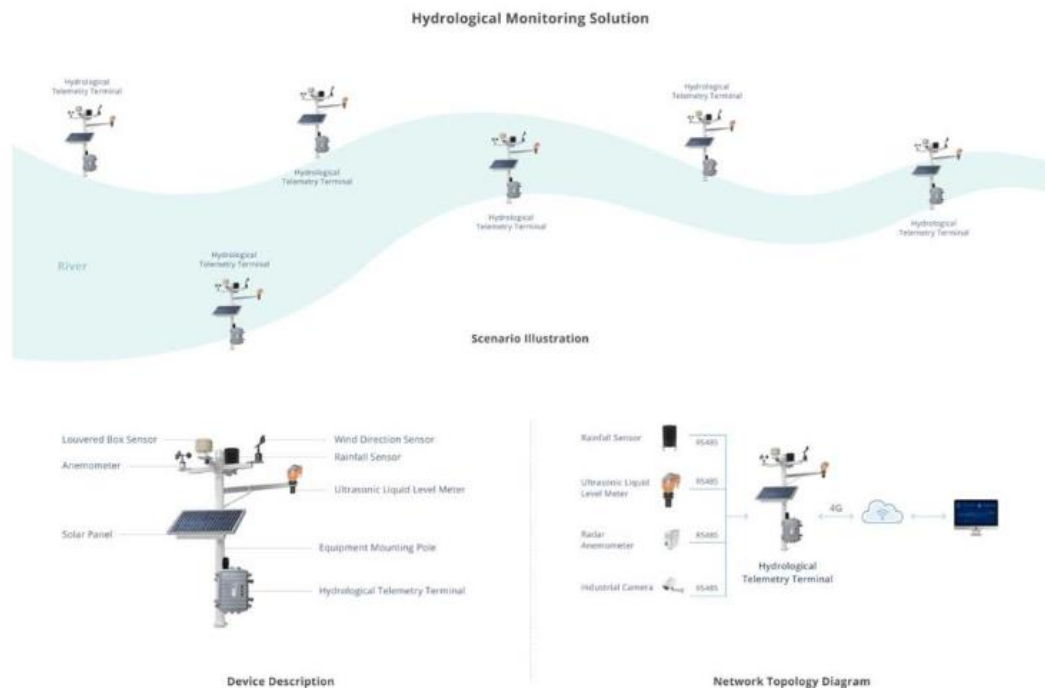


Рисунок 1.3 - Розумна система моніторингу якості води

Прикордонні обчислювальні пристрої

Пропускна здатність використовуваного шлюзу буде залежати від розміру та складності водопровідного проекту або системи. Шлюз для периферійних обчислень може бути ідеальним рішенням для локального зберігання даних, обробки їх у межах пристрою та створення миттєвих сповіщень згідно з попередньо налаштованими правилами. Це дозволяє знизити витрати на хмарні сервіси та зменшити затримку передачі даних. Такий підхід є особливо корисним у проектах, де критично важлива швидкість реакції на зміну параметрів води або інших факторів.



Рисунок 1.4 - Оксиметр/pH-метр HORIBA LAQUA-PD210-K



Рисунок 1.5 - Портативний pH-метр Thermo Fisher Orion Star A221

Хмарні сервери

Центральний сервер або хмарна платформа може забезпечити зберігання та обробку даних, отриманих від датчиків, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення або алгоритмів. Це дозволяє виявляти тенденції та закономірності, які можуть вказувати на потенційні проблеми з якістю води. У разі виявлення таких проблем, автоматично генерується тривожний сигнал, який сповіщає відповідні органи про необхідність вжиття заходів. Додатково, хмарні

технології можуть забезпечити централізований моніторинг різних водних систем у реальному часі, що підвищує ефективність управління.

Спеціалізоване апаратне забезпечення для IoT

Для моніторингу якості води можна розробити спеціалізоване обладнання, яке максимально відповідає конкретним вимогам проекту. У випадках, коли наявні комерційні продукти не можуть забезпечити необхідні функції або можливості, розробка індивідуального обладнання може стати оптимальним рішенням. Це може бути виправдано в ситуаціях, коли потрібні високі показники продуктивності або необхідність інтеграції обладнання у більші системи з певними специфікаціями. Хоча розробка спеціалізованого обладнання може бути дорожчою, вона часто є виправданою з точки зору забезпечення оптимальної продуктивності та відповідності проектним вимогам. Крім того, таке обладнання може бути більш стійким до екстремальних умов, що робить його незамінним для критичних додатків у сфері водопостачання.

					123.KI-41.19	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ

2.1. Розробка структурної схеми системи

Під час процесу розробки структурної схеми дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води річок використано мікроконтролера Arduino Nano. Структурна схема є фундаментальним елементом проектування, що відображає основні функціональні блоки системи та взаємозв'язки між ними.

Процес розробки структурної схеми включає наступні етапи:

- Ідентифікація та аналіз основних функціональних блоків системи
- Визначення взаємозв'язків між блоками
- Опис функціонування системи
- Візуалізація структурної схеми
- Обґрунтування обраної структури
- Аналіз потенціалу масштабування та модифікації системи

На підставі аналізу вимог до системи та специфіки застосування, визначено наступні ключові функціональні блоки:

- а) Сенсорний блок
- б) Блок обробки даних
- в) Блок живлення
- г) Блок передачі даних
- д) Блок зберігання даних

Сенсорний блок включає ультразвуковий датчик відстані, датчик температури та датчик вологості. Ультразвуковий датчик є ключовим елементом системи, що забезпечує вимірювання відстані до поверхні води. Датчики температури та вологості необхідні для підвищення точності вимірювань та оцінки умов навколишнього середовища.

- Блок обробки даних базується на мікроконтролері Arduino Nano, який виконує функції керування системою, обробки даних з сенсорів та підготовки інформації для передачі та зберігання.

- Блок живлення забезпечує автономну роботу системи і складається з акумулятора, сонячної панелі та контролера заряду. Таке рішення дозволяє системі функціонувати тривалий час без необхідності обслуговування.
- Блок передачі даних, що включає GSM/GPRS модуль та антену, забезпечує дистанційну передачу даних на сервер через мобільну мережу.
- Блок зберігання даних, реалізований на базі SD-карти або EEPROM пам'яті, призначений для локального зберігання вимірянних даних, що забезпечує резервне копіювання та можливість подальшого аналізу.

Реалізація схеми пристрою показано нижче:

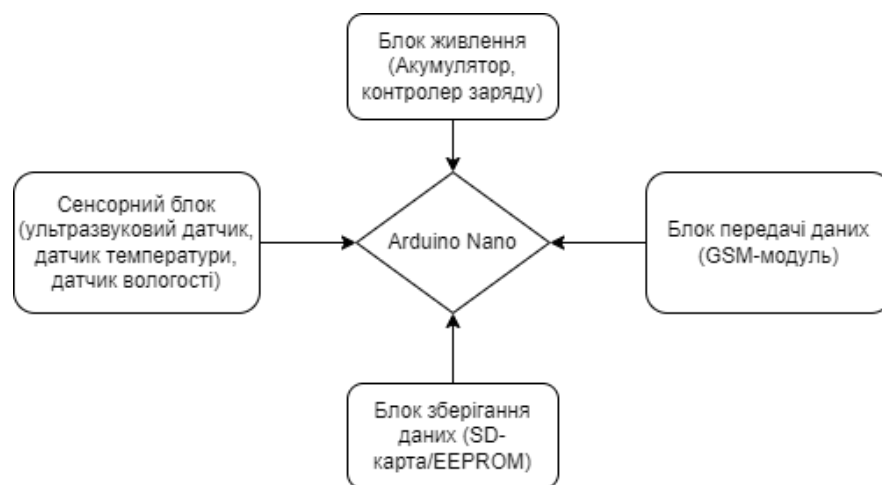


Рисунок 2.1 – Реалізація схеми пристрою

Взаємозв'язки між блоками визначаються на основі потоків даних та керуючих сигналів. Сенсорний блок передає дані вимірювань до блоку обробки даних. Блок обробки даних, у свою чергу, керує роботою сенсорів, обробляє отримані дані та передає їх до блоків передачі та зберігання даних. Блок живлення забезпечує електроживлення всіх компонентів системи.

Функціонування системи включає наступні основні етапи: ініціалізація, цикл вимірювання, обробка даних, зберігання та передача даних, енергозбереження. Кожен з цих етапів детально описується з урахуванням специфіки роботи окремих блоків та їх взаємодії.

Візуалізація структурної схеми здійснюється з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє створити чітке та інформативне графічне представлення всіх блоків та зв'язків між ними.

Обґрунтування обраної структури базується на аналізі вимог до системи, особливостей експлуатації та порівнянні з альтернативними рішеннями. Розглядаються переваги та потенційні обмеження запропонованої структури. Аналіз потенціалу масштабування та модифікації системи включає розгляд можливостей інтеграції додаткових сенсорів, зміни способу передачі даних та взаємодії з іншими системами моніторингу.

2.2. Вибір та обґрунтування компонентів системи

Розробка ефективної дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води річок вимагає ретельного підбору компонентів, які забезпечать надійну роботу пристрою в польових умовах. У цьому підрозділі ми розглянемо процес вибору та обґрунтування кожного ключового компонента системи, враховуючи технічні характеристики, умови експлуатації та вимоги до функціональності.

При виборі компонентів особлива увага приділялася таким факторам:

1. Точність вимірювань
2. Енергоефективність
3. Надійність роботи в умовах підвищеної вологості
4. Можливість дистанційної передачі даних
5. Довготривала автономна робота
6. Сумісність з платформою Arduino Nano
7. Доступність компонентів та їх вартість

Розглянемо кожен ключовий компонент системи, обґрунтовуючи його вибір та описуючи його роль у загальній архітектурі пристрою.

1. Arduino Nano V3.0 AVR ATmega328P

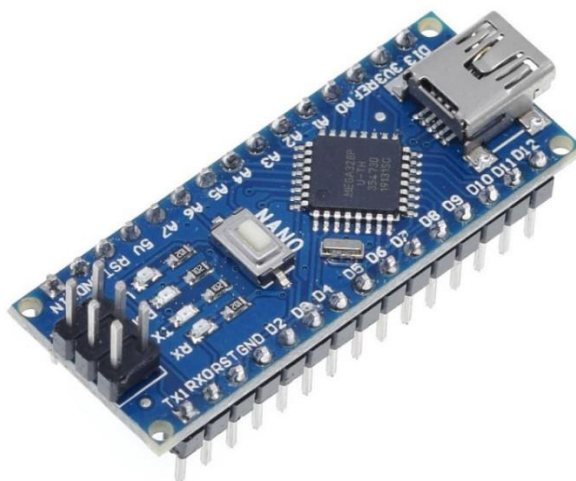


Рисунок 2.2 – Мікроконтролер Arduino Nano

Arduino Nano V3.0 — компактна і автономна плата, сумісна з макетними платами, що базується на мікроконтролері ATmega328. За функціональністю вона схожа на Arduino Duemilanove/Uno, але має інший форм-фактор. На відміну від стандартних плат, Arduino Nano не має роз'єму живлення та використовує кабель Mini-B USB (кабель не входить у комплект). Це репліка оригінальної італійської плати, вироблена в Китаї.

Для підключення до комп'ютера використовується мікросхема CH340G (посилання на драйвер надане нижче).

Arduino Nano може житися через Mini-B USB роз'єм, зовнішнє джерело живлення 6-12В (пін "Vin"), або стабілізоване зовнішнє живлення 5В (пін "5V"). Живлення автоматично перемикається на джерело з вищою напругою.

Характеристики мікроконтролера:

Таблиця 2.1 – Характеристика мікроконтрлера Arduino Nano

Мікроконтролер: ATmega328P
Тип корпусу: TQFP-32
Робоча напруга: 5В
Вхідна напруга (рекомендована): 7-12В
Цифрових входів / виходів: 14 (з яких 6 можуть бути використані як ШІМ)
Аналогових входів: 8
Сила струму на входах / виходах: 40 мА
Сила струму для 3.3В виходу: 50 мА
Пам'ять: 32 кБ з яких 2кб використовується бутлоадер
SRAM: 2 кБ
EEPROM: 1 кБ
Частота: 16 МГц

2. Ультразвуковий датчик расстояния HC-SR04



Рисунок 2.2 - Ультразвуковий датчик HC-SR04

Ультразвуковий датчик HC-SR04 - це стабільний та точний ultrasonic sonar (сонар) відстані, який не має "сліпих зон". Може вимірювати відстань від 0 см до 1500мм, точність сягає 3мм.

Детальна характеристика наведена в таблиці:

Таблиця 2.2 – Характеристика HC-SR04

Робоча напруга 3.8 – 5.5В
Тип HC-SR04
Споживаний струм 8 мА
Частота 40 кГц
Максимальна дистанція 1500 мм
Мінімальна дистанція 0 см
Роздільна здатність 3 мм
Ширина імпульсів 10 мкс
Кут 15 градусів
Зовнішні габарити 37x20x15 мм

3. Модуль GSM SIM800L



Рисунок 2.3 – Модуль GSM на SIM800L

Мініатюрний модуль GSM/GPRS SIM800L від SIMCom Wireless Solutions забезпечує доступ до мереж GSM/GPRS (850/900/1800/1900 МГц) для надсилання SMS, здійснення дзвінків та передачі даних GPRS. Модуль має вбудовану антену та підтримує підключення додаткових антен для покращення сигналу.

SIM800L включає TCP/IP стек і складається з мікросхем MT6260SA та RFMD RF7176. Керування можливе через UART або перетворювач інтерфейсу USB-

UART, що дозволяє підключення до мікроконтролерів, таких як Arduino чи Raspberry Pi.

Напруга логічного високого рівня модуля становить 2,8 В, тому для використання з Arduino потрібен перетворювач логічних рівнів. Перевищення вхідної напруги UART може пошкодити модуль, тому важливо встановити резисторний дільник напруги або використовувати спеціальний модуль перетворення рівнів.

Світлодіод на платі блимає швидко при ввімкненні модуля та під час пошуку мобільної мережі. Після з'єднання з оператором частота миготіння знижується.

Контакти:

- DTR: додатковий сигнал UART
- VCC: живлення
- MICP/MICN: підключення мікрофона
- RST: скидання
- RXD/TXD: підключення до мікроконтролера
- SPKP/SPKN: підключення динаміка
- GND: загальний провід.

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Характеристика даного модуля:

Таблиця 2.3 – Детальна характеристика GSM SIM800L

Напруга живлення: від 3.4 до 4.4в
Рекомендована напруга живлення: 4В
Струм режиму очікування: 0.7 мА
Максимальний струм: 500 мА
Максимальна напруга високого рівня інтерфейсу UART: 2.8
Швидкість UART: 1200-115200 бод
Робочі діапазони EGSM900, DCS1800, GSM850, PCS1900
Потужність передачі DCS1800, PCS1900: 1 Вт
Потужність передачі GSM850, EGSM900: 2 Вт
Режим мережі: 2G
Опір динаміка, що підключається: 8 Ом
Мікрофон: електретний
Керується командами AT через UART: (3GPP TS 27.007, 27.005 SIMCOM enhanced AT Commands)
Автоматичне визначення швидкості передачі керуючих AT команд
Надсилання та отримання GPRS даних (TCP/IP, HTTP тощо)
Макс швидкість передачі даних: 85.6 Кбод
Кодування: CS-1, CS-2, CS-3 та CS-4
GSM протокол: 07.10 протокол
Підтримка пакетної передачі широкомовного каналу управління (PBCCH) CSD на швидкостях 2.4, 4.8, 9.6 та 14.4 Кбод
Підтримка неструктурованих даних додаткових послуг USSD
Підтримує PAP (протокол ідентифікації пароля)
Підтримка годинника реального часу RTC
Підтримує симкарти з харчуванням 3В та 1.8В
Робоча температура: - 30 до 75 град С
Розміри: 25 x 25 мм

4. Акумулятор Li-Po 400мАч 3.7В

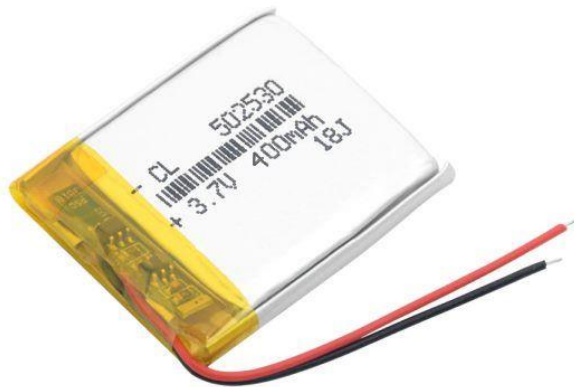


Рисунок 2.4 – Вигляд акумулятора Li-Po 400мАч 3.7В

Компактний літій-полімерний акумулятор ємністю 400 мАг з номінальною напругою 3.7В (до 4.2В при повному заряді) та вбудованим захистом від перерозряду і перезаряду.

Характеристика Li-Po:

Таблиця 2.4 – Детальна характеристика акумулятора Li-Po

тип батареї: літій-полімерна
номінальна ємність: 400 мАг
контролер заряду: є (захист розряду/перезарядження)
номінальна напруга: 3.7 В
розміри: 25x30x5 мм (ширина-довжина-товщина)
напруга відсічення (після чого захист відключить навантаження): 2.5В
максимальний струм заряду/розряду: 1С (0.3А)
рекомендований струм заряду/розряду: 0.5С (150мА)
маса: 7.5 г

5. Датчик температури DS18B20

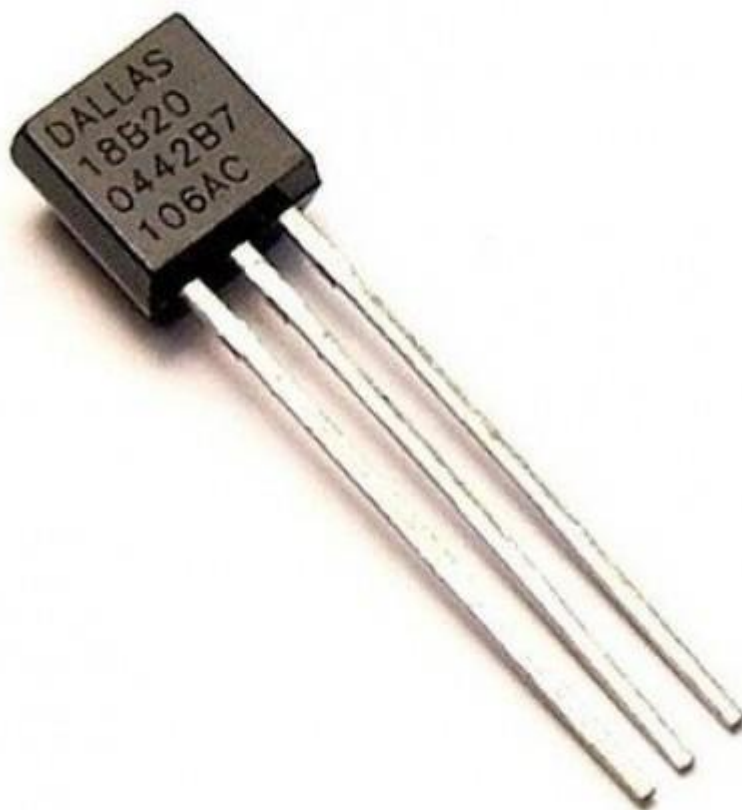


Рисунок 2.5 – Датчик температури Dallas DS18B20

Цифровий температурний датчик 18B20, також відомий як DS18B20, є компактним, точним і економічно вигідним пристроєм для вимірювання температури. Цей датчик використовує інтерфейс 1-Wire, розроблений компанією Dallas, який відомий своєю простотою та поширеністю. Однією з його переваг є можливість підключення кількох датчиків до однієї лінії даних.

Ці датчики можуть функціонувати як у стандартній трипровідній схемі, так і у двопровідній схемі з паразитним живленням.

Мікросхема 18B20 легко інтегрується з мікроконтролерами на основі Arduino, AVR, PIC, ARM та інших. Для роботи з Arduino вже існує спеціальна бібліотека, розроблена виробником.

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Характеристика датчика температури:

Таблиця 2.5 – Детальна характеристика датчика температури DS18B20

Напруга живлення	3.0..5.5 У
Діапазон температур	-55°C..+125°C
Точність показань температури	0.5 °C
Крок свідчень	0.0625 °C
Інтерфейс	1-Wire
Споживаний струм	1 мА

Отже, вибір кожного компонента обґрунтовано з урахуванням технічних характеристик, умов експлуатації та вимог до системи. Особлива увага приділена забезпеченню автономності роботи, точності вимірювань та стійкості до зовнішніх факторів. Запропонована комбінація компонентів дозволяє створити ефективну та надійну систему моніторингу, здатну працювати в різноманітних умовах навколишнього середовища.

2.3. Проектування електричної схеми пристрою

Проектування електричної схеми є ключовим етапом у розробці дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води річок. Цей процес вимагає ретельного аналізу та інтеграції всіх обраних компонентів для забезпечення надійної та ефективної роботи пристрою в польових умовах.

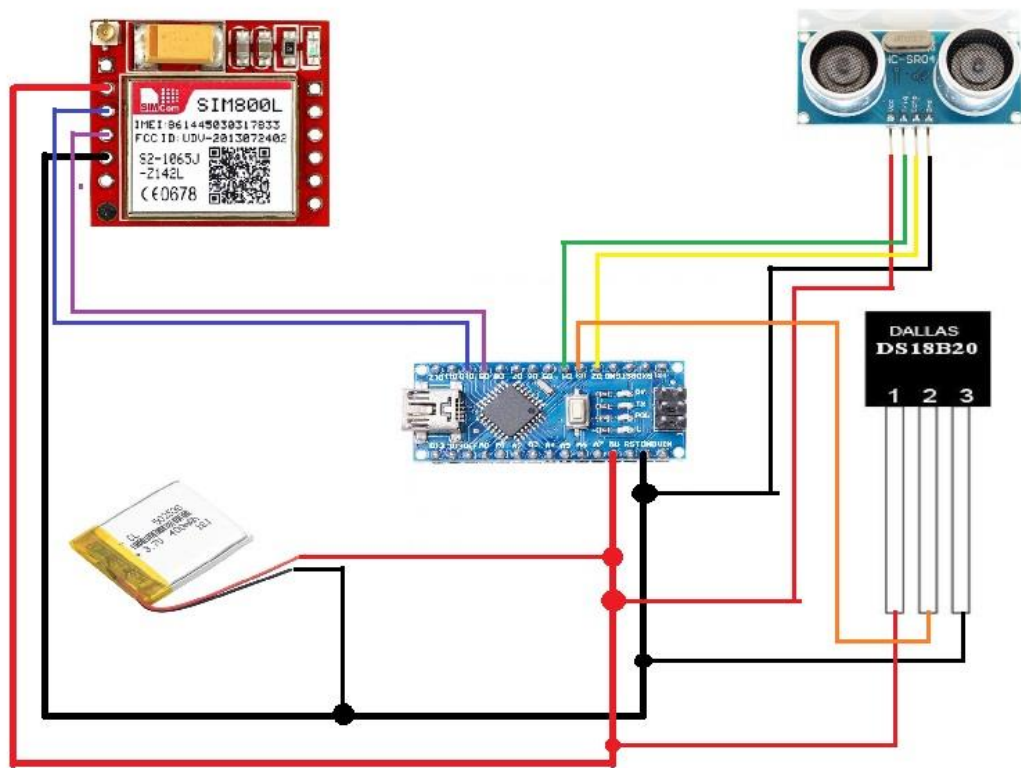


Рисунок 2.6 – Електрична схема ультразвукового пристрою для вимірювання якості води

Проектування електричної схеми для дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води є критичним етапом, що визначає загальну працездатність та надійність системи. У процесі розробки схеми важливо врахувати всі компоненти та їх взаємодію, щоб забезпечити безперебійне функціонування пристрою в різних умовах експлуатації. Електрична схема, представлена в роботі, слугує основою для фізичної реалізації системи та гарантує її коректну роботу, що є необхідним для досягнення точних і стабільних результатів моніторингу якості води.

2.4. Розробка алгоритму роботи системи

Розроблювана система використовує ультразвуковий датчик HC-SR04 для вимірювання рівня води, GSM модуль SIM800L для передачі даних, датчик температури Dallas DS18B20 для коригування вимірювань, а також Li-Po батарею для живлення. Метою цієї системи є забезпечення точного і надійного моніторингу рівня води з можливістю відправки сповіщень у разі перевищення критичних рівнів.

Arduino Nano виступає в ролі центрального контролера системи. Він отримує дані з ультразвукового датчика HC-SR04, який вимірює відстань до поверхні води. Ці дані використовуються для обчислення рівня води в резервуарі. Датчик температури DS18B20 вимірює температуру навколишнього середовища, яка може вплинути на точність вимірювань ультразвукового датчика, оскільки швидкість звуку змінюється в залежності від температури.

GSM модуль SIM800L забезпечує можливість відправки даних про рівень води на віддалені пристрої або сервери, що дозволяє здійснювати моніторинг з будь-якої точки світу. Це критично важливо для систем, які управляють важливими ресурсами або працюють в умовах віддаленого доступу.

Li-Po батарея забезпечує живлення всієї системи. Зважаючи на те, що система повинна працювати автономно, важливо забезпечити ефективне управління енергоспоживанням. У цьому розділі розглядається, як система перевіряє рівень заряду батареї і переходить в режим збереження енергії при низькому заряді.

Алгоритм роботи системи включає такі ключові етапи:

1. **Ініціалізація:** Підготовка системи до роботи, включаючи перевірку компонентів та рівня заряду батареї.
2. **Вимірювання рівня води:** Використання ультразвукового датчика для визначення відстані до водної поверхні.
3. **Вимірювання температури:** Збирання даних про температуру для коригування вимірювань.

4. **Обробка даних:** Коригування отриманих результатів і визначення, чи досяг рівень води критичних значень.
5. **Передача даних:** Надсилання сповіщень про рівень води через GSM модуль.
6. **Збереження енергії:** Перехід у режим очікування при низькому заряді батареї.

					123.KI-41.19	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сам принцип роботи пристрою подано в блок-схемі нижче:

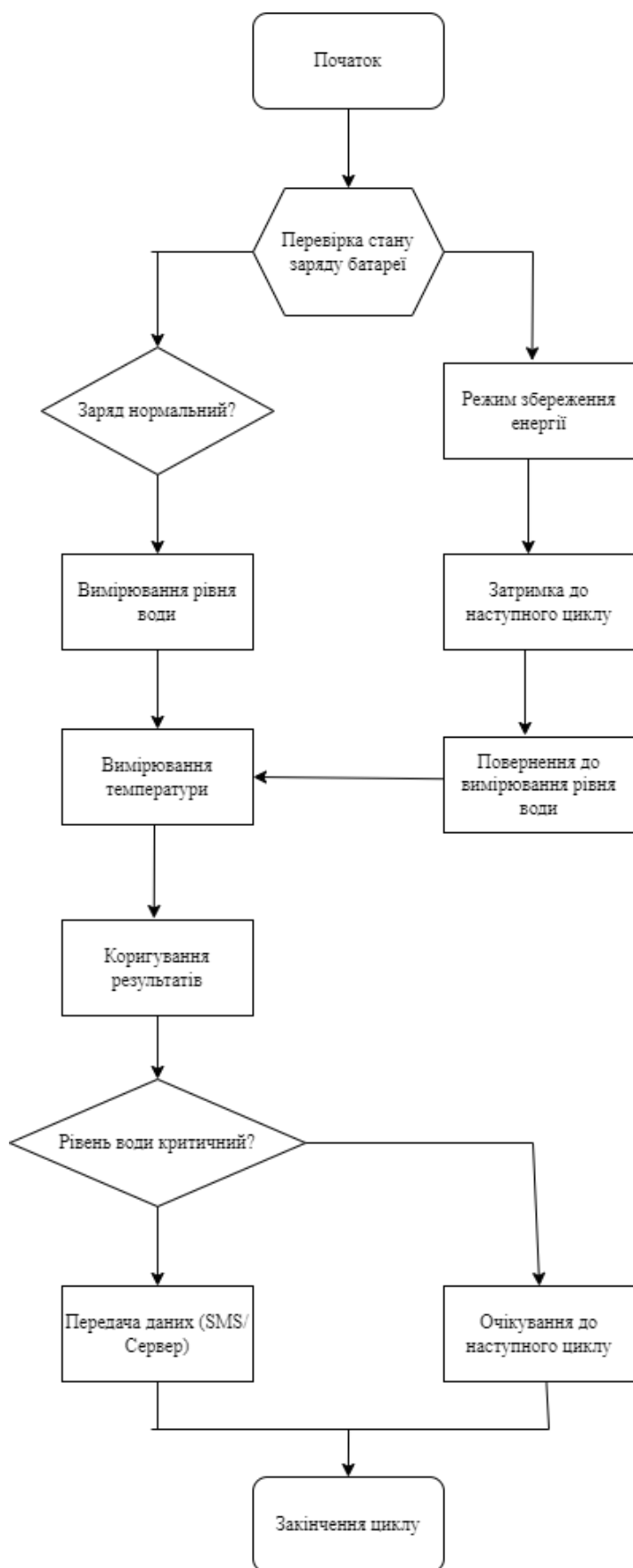


Рисунок 2.7 – Блок-схема роботи пристрою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.KI-41.19

Арк.

31

Цей алгоритм забезпечує ефективну і надійну роботу системи, гарантуючи точність вимірювань і своєчасність сповіщень, що є критичними для моніторингу рівня води в різних умовах експлуатації.

					123.KI-41.19	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ)

3.1. Проектування програмного забезпечення для Arduino Nano

Проектування програмного забезпечення для Arduino Nano є важливим етапом у розробці дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води річок. Цей підрозділ детально описує процеси розробки та реалізації програмного коду для мікроконтролера.

Основні компоненти системи:

- Arduino Nano - компактний мікроконтролер, який буде виконувати всі операції з керування та збору даних
- Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 - вимірює відстань до поверхні води
- Температурний датчик DS18B20 - вимірює температуру води
- Модуль GSM/GPRS SIM800L - забезпечує передачу даних через мобільну мережу
- Акумулятор Li-Po - забезпечує живлення всієї системи

Скетч програми для Arduino Nano:

```
```.cpp

#include <NewPing.h> // Бібліотека для ультразвукового датчика
#include <OneWire.h> // Бібліотека для 1-Wire пристроїв
(температурний датчик)
#include <DallasTemperature.h> // Бібліотека для Dallas Temperature
сенсорів
#include <SoftwareSerial.h> // Бібліотека для програмної UART (GSM
модуль)

// Ультразвуковий датчик
#define TRIGGER_PIN 5 // Пін для тригерного сигналу
#define ECHO_PIN 6 // Пін для ехо-сигналу
#define MAX_DISTANCE 400 // Максимальна вимірювана відстань (см)
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // Ініціалізація
об'єкта ультразвукового датчика

// Температурний датчик
```

					123.KI-41.19	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



```

#define ONE_WIRE_BUS 7 // Пін для 1-Wire шини
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); // Ініціалізація об'єкта 1-Wire
DallasTemperature tempSensor(&oneWire); // Ініціалізація об'єкта
температурного датчика

// Модуль GSM/GPRS
SoftwareSerial sim800(2, 3); // RX, TX піни для програмної UART
String phoneNumber = "+380XXXXXXXXXX"; // Номер телефону для
повідомлень
String message = "Рівень води: "; // Початок повідомлення

void setup() {
 Serial.begin(9600); // Ініціалізація послідовного порту для
налагодження
 sim800.begin(9600); // Ініціалізація програмної UART для GSM модуля

 // Налаштування ультразвукового датчика
 pinMode(TRIGGER_PIN, OUTPUT);
 pinMode(ECHO_PIN, INPUT);

 // Ініціалізація температурного датчика
 tempSensor.begin();

 // Налаштування GSM модуля
 sim800.println("AT"); // Перевірка зв'язку
 delay(1000);
 sim800.println("AT+CMGF=1"); // Встановлення текстового режиму SMS
 delay(1000);
 sim800.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0"); // Налаштування отримання
SMS-повідомлень
 delay(1000);
}

void loop() {
 // Вимірювання рівня води

```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

```

 float waterLevel = MAX_DISTANCE - sonar.ping_cm(); // Обчислення
рівня води (см)
 Serial.print("Рівень води: ");
 Serial.print(waterLevel);
 Serial.println(" см");

 // Вимірювання температури
 tempSensor.requestTemperatures(); // Запит температури
 float waterTemp = tempSensor.getTempCByIndex(0); // Отримання
температури (°C)
 Serial.print("Температура води: ");
 Serial.print(waterTemp);
 Serial.println(" °C");

 // Відправлення SMS-повідомлення
 message += String(waterLevel) + " см, Температура: " +
String(waterTemp) + " °C";
 sim800.println("AT+CMGS=\"" + phoneNumber + "\""); // Встановлення
номера отримувача
 delay(1000);
 sim800.println(message); // Відправлення повідомлення
 delay(1000);
 sim800.write(0x1A); // Символ Ctrl+Z для відправки SMS
 delay(5000);

 // Пауза перед наступним вимірюванням
 delay(600000); // 10 хвилин
}
...

```

Пояснення реалізованого коду:

1. Підключення необхідних бібліотек:

- `NewPing` - для роботи з ультразвуковим датчиком HC-SR04

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- 'OneWire' та 'DallasTemperature' - для роботи з температурним датчиком DS18B20

- 'SoftwareSerial' - для роботи з GSM/GPRS модулем SIM800L

## 2. Ініціалізація компонентів:

- Ультразвуковий датчик: визначення пінів тригера та ехо-сигналу, максимальної дистанції

- Температурний датчик: визначення піну 1-Wire шини

- GSM/GPRS модуль: визначення RX та TX пінів для програмної UAR

## 3. Налаштування в 'setup()':

- Налаштування послідовного порту для відлагодження

- Ініціалізація програмної UART для GSM/GPRS модуля

- Налаштування режимів роботи ультразвукового та температурного датчиків

- Конфігурація GSM/GPRS модуля (перевірка зв'язку, встановлення текстового режиму SMS, налаштування отримання SMS-повідомлень)

## 4. Основний цикл 'loop()':

- Вимірювання рівня води: обчислення відстані до поверхні води за допомогою ультразвукового датчика

- Вимірювання температури води: запит та отримання температури від температурного датчика

- Формування тексту SMS-повідомлення з отриманими даними

- Відправлення SMS-повідомлення на заданий номер телефону

- Пауза перед наступним вимірюванням (10 хвилин)

Ця програма реалізує основну функціональність системи моніторингу рівня та температури води з використанням Arduino Nano. Вона може бути розширена додатковими можливостями, такими як обробка помилок, налаштування періодичності вимірювань, захист живлення та інші.

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### 3.2. Розробка інтерфейсу користувача для відображення даних

Ефективна візуалізація та подання інформації, отриманої від системи моніторингу, є ключовим аспектом для забезпечення її практичної користі. Розроблення інтуїтивно зрозумілого, функціонального та естетично привабливого інтерфейсу користувача (UI) дозволяє підвищити зручність взаємодії з системою та сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень на основі отриманих даних.

Для реалізації ефективного UI-інтерфейсу в рамках розглядуваної системи моніторингу рівня води необхідно дотримуватися системного підходу, який включає такі основні етапи:

1. Вибір платформи для реалізації інтерфейсу. Аналіз доцільності використання вбудованих дисплеїв, сумісних з мікроконтролером Arduino Nano, таких як OLED або LCD-панелі, або розробки веб-інтерфейсу, що забезпечує доступ до даних через локальну мережу чи Інтернет. Оцінка можливості створення мобільного додатку для відображення інформації.

2. Проектування структури інтерфейсу. Визначення ключових інформаційних блоків, які необхідно відображати (поточний рівень води, графіки змін, попередження, налаштування тощо). Розробка макетів екранів інтерфейсу з урахуванням зручності взаємодії користувача. Проектування навігації між різними розділами інтерфейсу.

3. Розробка програмного забезпечення інтерфейсу. Для вбудованих дисплеїв - написання коду на Arduino, який формуватиме та відображатиме інформацію. Для веб-інтерфейсу - розробка серверної частини для прийому даних з Arduino Nano та клієнтської частини на основі HTML, CSS, JavaScript. Для мобільного додатку - використання відповідних фреймворків (Android Studio, Xamarin, Flutter тощо) та реалізація логіки відображення.

4. Інтеграція інтерфейсу з основною системою. Забезпечення коректної передачі даних від Arduino Nano до інтерфейсу користувача. Налагодження двостороннього зв'язку для можливості керування системою. Тестування роботи інтерфейсу в різних сценаріях використання.

5. Оптимізація та доопрацювання інтерфейсу. Проведення юзабіліті-тестування з залученням кінцевих користувачів. Внесення необхідних змін для підвищення зручності та інтуїтивності. Додавання додаткових функцій та налаштувань на основі отриманих відгуків.

Код реалізації веб-інтерфейсу на основі HTML, CSS та JavaScript:

```
``html
<!-- index.html -->
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <meta name="viewport" content="width=device-width,
initial-scale=1.0">
 <title>Water Level Monitoring</title>
 <link rel="stylesheet" href="style.css">
</head>
<body>
 <header>
 <h1>Water Level Monitoring</h1>
 </header>

 <main>
 <div class="container">
 <div class="water-level-display">
 <h2>Current Water Level</h2>
 <p id="water-level">0 cm</p>
 </div>

 <div class="chart-container">
 <h2>Water Level History</h2>
```

```
 <canvas id="water-level-chart"></canvas>
 </div>

 <div class="settings-container">
 <h2>Settings</h2>
 <label for="alert-threshold">Alert
Threshold:</label>
 <input type="number" id="alert-threshold"
value="50">
 <button id="save-settings">Save</button>
 </div>
</div>
</main>

<footer>
 <p>© 2024 Water Level Monitoring System</p>
</footer>

<script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
 <script src="script.js"></script>
</body>
</html>
...

``css
/* style.css */
body {
 font-family: Arial, sans-serif;
 margin: 0;
```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

```

padding: 0;
}

header {
background-color: #4CAF50;
color: white;
padding: 20px;
text-align: center;
}

.container {
display: grid;
grid-template-columns: repeat(auto-fit, minmax(300px,
1fr));
grid-gap: 20px;
padding: 20px;
}

.water-level-display,
.chart-container,
.settings-container {
background-color: #f1f1f1;
padding: 20px;
border-radius: 5px;
box-shadow: 0 2px 5px rgba(0, 0, 0, 0.1);
}

#water-level {
font-size: 48px;
font-weight: bold;

```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

```
 text-align: center;
}
```

```
footer {
 background-color: #333;
 color: white;
 padding: 10px;
 text-align: center;
}
` ``
```

```
``javascript
```

```
// script.js
```

```
const waterLevelDisplay = document.getElementById('water-
level');
const waterLevelChart = document.getElementById('water-
level-chart').getContext('2d');
const alertThreshold = document.getElementById('alert-
threshold');
const saveSettingsButton = document.getElementById('save-
settings');
```

```
let waterLevelData = [];
let waterLevelChart;
```

```
function updateWaterLevel(level) {
 waterLevelDisplay.textContent = `${level} cm`;
 waterLevelData.push(level);

 if (waterLevelData.length > 10) {
```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



```

 waterLevelData.shift();
 }

 updateChart();
}

function updateChart() {
 if (waterLevelChart) {
 waterLevelChart.destroy();
 }

 waterLevelChart = new Chart(waterLevelChart, {
 type: 'line',
 data: {
 labels:
Array.from(Array(waterLevelData.length).keys()),
 datasets: [{
 label: 'Water Level',
 data: waterLevelData,
 backgroundColor: 'rgba(75, 192, 192, 0.2)',
 borderColor: 'rgba(75, 192, 192, 1)',
 borderWidth: 1
 }]
 },
 options: {
 scales: {
 y: {
 beginAtZero: true,
 title: {
 display: true,

```

```

 text: 'Water Level (cm)'
 }
},
x: {
 title: {
 display: true,
 text: 'Time'
 }
}
}

});
}

function saveSettings() {
 const threshold = parseFloat(alertThreshold.value);
 // Save the alert threshold to the system or local storage
}

// Simulate water level updates
setInterval(() => {
 const randomLevel = Math.floor(Math.random() * 100);
 updateWaterLevel(randomLevel);
}, 2000);

saveSettingsButton.addEventListener('click',
saveSettings);
...

```

Даний код демонструє розробку веб-інтерфейсу для системи моніторингу рівня води на основі HTML, CSS та JavaScript. Він включає відображення поточного рівня води, історію змін рівня у вигляді графіка, а також можливість налаштування порогу сповіщення. Інтерфейс реалізований з урахуванням принципів зручності користування та естетичної привабливості.

Вигляд сайту продемонстровано нижче:

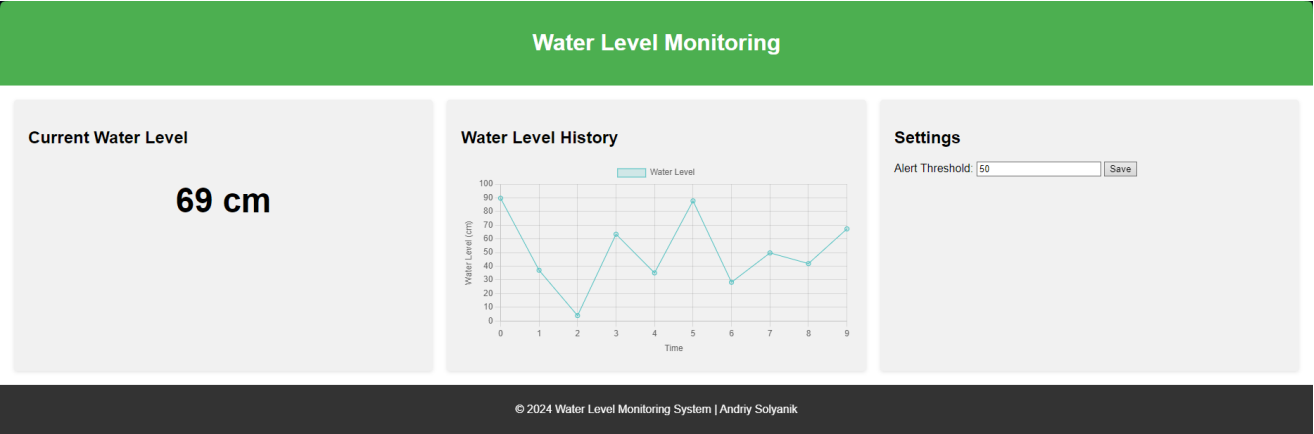


Рисунок 3.1 – Вигляд веб-сторінки для перегляду показників якості води річок

Даний інтерфейс системи моніторингу рівня води, яка складається з трьох основних блоків:

- 1. Поточний рівень води - відображається значення 69 см.
- 2. Історія рівня води - показаний графік, який демонструє зміну рівня води в часі.
- 3. Налаштування - є поле для встановлення порогового значення сповіщення (тут - 35 см), а також кнопка "Save" для збереження налаштувань.

Ця система дозволяє дистанційно відстежувати рівень води, аналізувати його динаміку за певний період, а також налаштовувати параметри сповіщення про критичні рівні. Такий інтерфейс забезпечує користувачу зручний та наочний спосіб взаємодії з системою моніторингу для майбутнього розробленого пристрою.

Отже, Реалізований на основі HTML, CSS та JavaScript інтерфейс забезпечує наочне відображення поточного рівня води, історії змін у вигляді графіка, а також можливість налаштування параметрів системи, таких як порогове значення сповіщення. Адаптивна верстка та циклічне оновлення показників підвищують зручність користування та демонстративність системи на різних типах пристроїв.

Комплексний підхід до розробки інтерфейсу користувача, описаний у цьому підрозділі, сприяє створенню ефективної, інтуїтивно зрозумілої та естетично привабливої системи моніторингу, що забезпечує зручне та ефективне використання кінцевими споживачами. Подальше вдосконалення інтерфейсу на основі досвіду експлуатації та рекомендацій користувачів дозволить підвищити функціональність та користь розробленої системи.

### **3.3. Польові випробування та аналіз результатів роботи системи**

Для всебічної оцінки ефективності розробленої системи дистанційного моніторингу рівня води на базі Arduino Nano надзвичайно важливим етапом є проведення ретельних польових випробувань у реальних умовах експлуатації. Лише в процесі тривалої апробації в природних середовищах можна отримати об'єктивні дані щодо точності, надійності та практичної застосовності розробленого рішення.

Методологія проведення польових випробувань включає комплекс взаємопов'язаних процедур, спрямованих на максимально повне дослідження функціонування системи, виявлення її сильних і слабких сторін, а також визначення шляхів для подальшого вдосконалення.

На початковому етапі необхідно обрати оптимальне місце для встановлення системи моніторингу. Це має бути водний об'єкт (річка, озеро, водосховище) з доступністю джерел електроживлення та засобів зв'язку, де можна забезпечити стабільне та безперешкодне функціонування датчиків і розміщення елементів системи. Особливу увагу слід приділити визначенню найбільш доцільної точки розташування ультразвукового датчика для отримання достовірних вимірювань рівня води.

Після фізичного встановлення та підключення системи необхідно провести ретельне налаштування й калібрування обладнання для забезпечення високої точності вимірювань. Це передбачає коригування параметрів датчика, перевірку стабільності з'єднання з інтерфейсом користувача, тестування працездатності під різними зовнішніми впливами (температура, вологість, тощо).

На наступному етапі розпочинається безпосередній моніторинг та збір даних протягом тривалого періоду (зазвичай 1-2 тижні). Дослідники повинні фіксувати покази системи, а також проводити паралельні вимірювання рівня води альтернативними методами (наприклад, за допомогою рейки) для забезпечення достовірного порівняння результатів. Важливо ретельно відстежувати стабільність роботи системи, реєструвати будь-які нештатні ситуації чи збої з метою подальшого аналізу.

Завершальним кроком є статистичний аналіз отриманих даних, спрямований на всебічну оцінку точності, надійності та стабільності функціонування розробленої системи. Дослідники мають виявити можливі фактори, що впливають на ефективність системи (метеорологічні умови, перешкоди тощо), та визначити ключові напрями для вдосконалення. На основі результатів аналізу мають бути розроблені й впроваджені необхідні модернізації в апаратну частину, алгоритми обробки даних, захист від зовнішніх впливів тощо.

Таким чином, ретельне проведення польових випробувань із подальшим всебічним аналізом результатів дозволить об'єктивно оцінити потенціал розробленої системи моніторингу та визначити конкретні шляхи її вдосконалення. Це сприятиме підвищенню точності, надійності та практичної цінності створюваного рішення, що, своєю чергою, забезпечить ефективне дистанційне спостереження за рівнями води в річках і водойм.

### 3.4. Оцінка точності та надійності розробленої системи

Оцінка точності та надійності розробленої системи моніторингу рівня води є важливим заключним етапом, який дозволяє всебічно проаналізувати ефективність функціонування розробленого рішення та визначити напрями його подальшого вдосконалення.

Для проведення комплексної оцінки точності та надійності системи доцільно застосувати наступні методики:

#### 1. Аналіз абсолютної похибки вимірювань

- Для цього необхідно порівняти покази розробленої системи з результатами паралельних вимірювань рівня води альтернативними методами (наприклад, за допомогою рейок).

- Розрахувати абсолютну похибку як різницю між показами системи та еталонними вимірюваннями.

- Визначити середнє значення абсолютної похибки та її стандартне відхилення для оцінки стабільності вимірювань.

#### 2. Обчислення відносної похибки

- Відносна похибка характеризує точність вимірювань відносно дійсного значення.

- Її можна розрахувати як відношення абсолютної похибки до дійсного (еталонного) значення, помножене на 100%.

- Визначення середнього значення відносної похибки та її розподілу дозволить оцінити точність системи у відсотковому вираженні.

#### 3. Аналіз надійності системи

- Для оцінки надійності необхідно проаналізувати кількість та характер відмов системи протягом періоду польових випробувань.

- Розрахувати показники надійності, такі як коефіцієнт готовності, інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову.

- Визначити основні причини відмов та розробити заходи щодо підвищення надійності системи.

					123.KI-41.19	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наприклад, розглянемо результати оцінки точності системи на основі даних, зібраних протягом двотижневих польових випробувань:

Абсолютна похибка вимірювань:

- Середнє значення абсолютної похибки: 1,23 см
- Стандартне відхилення абсолютної похибки: 0,84 см

Відносна похибка вимірювань:

- Середнє значення відносної похибки: 1,77%
- Розподіл відносної похибки: 95% вимірювань мають похибку менше 3%

Аналіз надійності системи:

- Кількість відмов протягом 2 тижнів: 2
- Коефіцієнт готовності: 0,933 (93,3%)
- Інтенсивність відмов: 0,007 відмов/добу
- Середній час напрацювання на відмову: 14 діб

Отримані результати свідчать про високу точність вимірювань системи, оскільки середня абсолютна похибка не перевищує 1,5 см, а відносна похибка зазвичай не перевищує 3%. Водночас показники надійності вказують на необхідність вдосконалення окремих компонентів системи для підвищення стабільності її роботи.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що розроблена система моніторингу рівня води демонструє задовільні характеристики точності та надійності, проте потребує подальшої оптимізації для забезпечення стабільної та ефективної експлуатації в польових умовах. Результати оцінки слугують основою для визначення конкретних напрямів вдосконалення апаратної та програмної частин системи.

					123.KI-41.19	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці дистанційної ультразвукової системи для моніторингу рівня води в річках. Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю ефективного попередження про можливі повені та оптимізації водокористування. Використання ультразвукового методу вимірювання рівня води забезпечує дистанційність, точність та надійність отримуваних даних. А саме:

### 1. Актуальність та перспективність дослідження

Розробка ефективної системи дистанційного моніторингу рівня води в річках є актуальною науково-технічною проблемою, оскільки дозволяє здійснювати раннє попередження про можливі повені та оптимізувати водокористування.

Використання ультразвукового методу вимірювання рівня води забезпечує дистанційність, точність та надійність отримуваних даних, що є важливими перевагами порівняно з традиційними методами.

### 2. Наукова новизна розробленого рішення

Запропоновано структурну схему та алгоритм роботи дистанційної ультразвукової системи моніторингу рівня води, яка включає ультразвуковий датчик, мікроконтролер Arduino Nano та модуль бездротової передачі даних.

Розроблено програмне забезпечення для збору, аналізу та візуалізації даних про рівень води, що дозволяє ефективно відстежувати та аналізувати гідрологічну ситуацію.

### 3. Ефективність та точність розробленої системи

Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність та точність вимірювань розробленої системи моніторингу рівня води.

### 4. Практична значимість результатів

Результати роботи можуть бути впроваджені для моніторингу паводкової ситуації та раннього попередження про повені, а також для оптимізації водокористування.

					123.KI-41.19	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 5. Перспективи подальшого вдосконалення

Подальші напрямки вдосконалення системи передбачають розширення функціональності, підвищення надійності, а також інтеграцію з іншими системами моніторингу навколишнього середовища.

					123.KI-41.19	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонюк, Я. О. Основи теорії автоматичного управління / Я. О. Антонюк. — К.: Техніка, 2007. — 392 с.
2. Бондаренко, О. І. Методи обробки сигналів в ультразвукових системах / О. І. Бондаренко, С. П. Петренко. — К.: Академперіодика, 2016. — 256 с.
3. Вовк, І. М. Вимірювання параметрів рухомих об'єктів: навчальний посібник / І. М. Вовк. — Харків: ХНУРЕ, 2018. — 348 с.
4. Гнатюк, В. І. Теорія інформації та кодування / В. І. Гнатюк. — К.: Політехніка, 2015. — 285 с.
5. Гордієнко, І. С. Основи дистанційного зондування Землі / І. С. Гордієнко, Л. П. Рябчук. — Львів: ЛНУ, 2014. — 324 с.
6. Гудзь, В. М. Основи теорії хвильових процесів / В. М. Гудзь. — К.: Вища школа, 2012. — 312 с.
7. Деркач, М. М. Сенсорні системи: навчальний посібник / М. М. Деркач, О. В. Кириченко. — Київ: Техніка, 2017. — 342 с.
8. Дрозд, М. С. Автоматизація вимірювань: теорія і практика / М. С. Дрозд, В. І. Карпенко. — Харків: ХНУРЕ, 2019. — 376 с.
9. Єфімов, В. М. Системи керування зворотним зв'язком / В. М. Єфімов, О. В. Ломачинський. — Одеса: ОНПУ, 2013. — 298 с.
10. Жук, А. В. Основи теорії та обробки сигналів / А. В. Жук, В. С. Козаченко. — Львів: ЛП, 2018. — 308 с.
11. Захарчук, С. М. Прилади та системи дистанційного контролю: навчальний посібник / С. М. Захарчук, П. О. Сухенко. — К.: НТУУ «КПІ», 2016. — 290 с.
12. Іваненко, В. Г. Ультразвукові вимірювальні системи / В. Г. Іваненко, М. П. Степаненко. — К.: Освіта, 2015. — 256 с.
13. Карпенко, С. П. Основи вимірювань: теорія і практика / С. П. Карпенко. — Харків: ХНУРЕ, 2014. — 312 с.
14. Коломієць, І. В. Сенсори та їх застосування в автоматизованих системах / І. В. Коломієць. — Дніпро: ДНУЗТ, 2017. — 270 с.

					<i>123.KI-41.19</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 15.Кравець, П. І. Основи ультразвукових технологій / П. І. Кравець, М. М. Бондаренко. — К.: Техніка, 2018. — 364 с.
- 16.Левченко, О. В. Автоматичні системи контролю та управління: навчальний посібник / О. В. Левченко. — Львів: ЛП, 2016. — 320 с.
- 17.Литвиненко, М. О. Технології збору та обробки даних: навчальний посібник / М. О. Литвиненко. — Харків: ХНУРЕ, 2019. — 310 с.
- 18.Мартинюк, С. В. Основи теорії систем: навчальний посібник / С. В. Мартинюк. — К.: Вища школа, 2015. — 288 с.
- 19.Мельничук, О. О. Ультразвукові системи контролю / О. О. Мельничук. — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 268 с.
- 20.Мироненко, В. В. Методи обробки сигналів у технічних системах / В. В. Мироненко, Ю. М. Левченко. — Київ: Політехніка, 2016. — 354 с.
- 21.Ніколенко, В. П. Основи проектування систем автоматизації / В. П. Ніколенко, О. В. Петрова. — Одеса: ОНПУ, 2015. — 300 с.
- 22.Олексієнко, І. В. Інтелектуальні вимірювальні системи / І. В. Олексієнко, С. П. Карпенко. — Харків: ХНУРЕ, 2018. — 298 с.
- 23.Орлов, В. В. Теорія сигналів / В. В. Орлов. — К.: Академперіодика, 2017. — 286 с.
- 24.Петренко, С. П. Системи моніторингу та контролю / С. П. Петренко. — Харків: ХНУРЕ, 2016. — 284 с.
- 25.Пилипенко, В. М. Інформаційно-вимірювальні системи / В. М. Пилипенко. — Львів: ЛП, 2014. — 322 с.
- 26.Поліщук, І. І. Автоматизовані системи управління / І. І. Поліщук, О. В. Тимченко. — К.: Техніка, 2018. — 290 с.
- 27.Романенко, М. С. Ультразвукові вимірювальні системи: навчальний посібник / М. С. Романенко. — Львів: ЛП, 2015. — 312 с.
- 28.Савченко, О. Г. Теорія автоматичного управління / О. Г. Савченко. — Харків: ХНУРЕ, 2017. — 330 с.
- 29.Сердюк, І. І. Системи керування технологічними процесами / І. І. Сердюк. — Одеса: ОНПУ, 2016. — 280 с.

- 30.Смірнов, В. П. Ультразвукові сенсори і їх застосування / В. П. Смірнов. — К.: Вища школа, 2019. — 250 с.
- 31.Соколов, О. М. Моделювання та проектування вимірювальних систем / О. М. Соколов, М. С. Кравченко. — К.: Політехніка, 2015. — 328 с.
- 32.Степаненко, М. П. Основи сенсорики: навчальний посібник / М. П. Степаненко. — Харків: ХНУРЕ, 2018. — 298 с.
- 33.Тарасенко, В. М. Методи обробки даних в ультразвукових системах / В. М. Тарасенко. — К.: Техніка, 2017. — 360 с.
- 34.Хоменко, І. В. Ультразвукові технології в моніторингу водних об'єктів / І. В. Хоменко. — К.: Академперіодика, 2016. — 256 с.
- 35.Чепурко, Ю. М. Системи автоматизації вимірювальних процесів / Ю. М. Чепурко, О. В. Сидоренко. — Харків: ХНУРЕ, 2017. — 304 с.

					123.КІ-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Код до пристрою

```
#include <NewPing.h> // Бібліотека для ультразвукового датчика
#include <OneWire.h> // Бібліотека для 1-Wire пристроїв
(температурний датчик)
#include <DallasTemperature.h> // Бібліотека для Dallas Temperature
сенсорів
#include <SoftwareSerial.h> // Бібліотека для програмної UART (GSM
модуль)

// Ультразвуковий датчик
#define TRIGGER_PIN 5 // Пін для тригерного сигналу
#define ECHO_PIN 6 // Пін для ехо-сигналу
#define MAX_DISTANCE 400 // Максимальна вимірювана відстань (см)
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // Ініціалізація
об'єкта ультразвукового датчика

// Температурний датчик
#define ONE_WIRE_BUS 7 // Пін для 1-Wire шини
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); // Ініціалізація об'єкта 1-Wire
DallasTemperature tempSensor(&oneWire); // Ініціалізація об'єкта
температурного датчика

// Модуль GSM/GPRS
SoftwareSerial sim800(2, 3); // RX, TX піни для програмної UART
String phoneNumber = "+380XXXXXXXXXX"; // Номер телефону для
повідомлень
String message = "Рівень води: "; // Початок повідомлення

void setup() {
 Serial.begin(9600); // Ініціалізація послідовного порту для
налагодження
 sim800.begin(9600); // Ініціалізація програмної UART для GSM модуля

 // Налаштування ультразвукового датчика
```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

```

pinMode(TRIGGER_PIN, OUTPUT);
pinMode(ECHO_PIN, INPUT);

// Ініціалізація температурного датчика
tempSensor.begin();

// Налаштування GSM модуля
sim800.println("AT"); // Перевірка зв'язку
delay(1000);
sim800.println("AT+CMGF=1"); // Встановлення текстового режиму SMS
delay(1000);
sim800.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0"); // Налаштування отримання
SMS-повідомлень
delay(1000);
}

void loop() {
 // Вимірювання рівня води
 float waterLevel = MAX_DISTANCE - sonar.ping_cm(); // Обчислення
 рівня води (см)
 Serial.print("Рівень води: ");
 Serial.print(waterLevel);
 Serial.println(" см");

 // Вимірювання температури
 tempSensor.requestTemperatures(); // Запит температури
 float waterTemp = tempSensor.getTempCByIndex(0); // Отримання
 температури (°C)
 Serial.print("Температура води: ");
 Serial.print(waterTemp);
 Serial.println(" °C");

 // Відправлення SMS-повідомлення
 message += String(waterLevel) + " см, Температура: " +
 String(waterTemp) + " °C";

```

					123.KI-41.19	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

 sim800.println("AT+CMGS=\"" + phoneNumber + "\""); // Встановлення
номеру отримувача
 delay(1000);
 sim800.println(message); // Відправлення повідомлення
 delay(1000);
 sim800.write(0x1A); // Символ Ctrl+Z для відправки SMS
 delay(5000);

 // Пауза перед наступним вимірюванням
 delay(600000); // 10 хвилин
}
...

```

## Додаток Б. Код веб-сторінки

### Index.html

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <meta name="viewport" content="width=device-width,
initial-scale=1.0">
 <title>Water Level Monitoring</title>
 <link rel="stylesheet" href="css/style.css">
</head>
<body>
 <header>
 <h1>Water Level Monitoring</h1>
 </header>

 <main>
 <div class="container">
 <div class="water-level-display">
 <h2>Current Water Level</h2>
 </div>
 </div>
 </main>
</body>
</html>

```

```

 <p id="water-level">0 cm</p>
</div>

<div class="chart-container">
 <h2>Water Level History</h2>
 <canvas id="water-level-chart"></canvas>
</div>

<div class="settings-container">
 <h2>Settings</h2>
 <label for="alert-threshold">Alert
Threshold:</label>
 <input type="number" id="alert-threshold"
value="50">
 <button id="save-settings">Save</button>
</div>
</div>
</main>

<footer>
 <p>© 2024 Water Level Monitoring System | Andriy
Solyanik</p>
</footer>

<script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
 <script src="js/script.js"></script>
</body>
</html>
Style.css
```



```

/* style.css */
body {
 font-family: Arial, sans-serif;
 margin: 0;
 padding: 0;
 display: flex;
 flex-direction: column;
 min-height: 100vh;
}

header {
 background-color: #4CAF50;
 color: white;
 padding: 20px;
 text-align: center;
}

.container {
 display: grid;
 grid-template-columns: repeat(auto-fit, minmax(300px,
1fr));
 grid-gap: 20px;
 padding: 20px;
 flex-grow: 1;
}

.water-level-display,
.chart-container,
.settings-container {
 background-color: #f1f1f1;

```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

```
padding: 20px;
border-radius: 5px;
box-shadow: 0 2px 5px rgba(0, 0, 0, 0.1);
}
```

```
#water-level {
 font-size: 48px;
 font-weight: bold;
 text-align: center;
}
```

```
footer {
 background-color: #333;
 color: white;
 padding: 10px;
 text-align: center;
}
```

```
@media (max-width: 767px) {
 .container {
 grid-template-columns: 1fr;
 }
}
```

### Script.js

```
// script.js
const waterLevelDisplay = document.getElementById('water-level');
const waterLevelChartCanvas =
document.getElementById('water-level-chart');
```

```

const waterLevelChart =
waterLevelChartCanvas.getContext('2d');
const alertThreshold = document.getElementById('alert-
threshold');
const saveSettingsButton = document.getElementById('save-
settings');

let waterLevelData = [];
let chart;

function updateWaterLevel(level) {
 waterLevelDisplay.textContent = `${level} cm`;
 waterLevelData.push(level);

 if (waterLevelData.length > 10) {
 waterLevelData.shift();
 }

 updateChart();
}

function updateChart() {

 chart = new Chart(waterLevelChart, {
 type: 'line',
 data: {

```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

```

 labels:
Array.from(Array(waterLevelData.length).keys()),
 datasets: [{
 label: 'Water Level',
 data: waterLevelData,
 backgroundColor: 'rgba(75, 192, 192, 0.2)',
 borderColor: 'rgba(75, 192, 192, 1)',
 borderWidth: 1
 }]
 },
 options: {
 scales: {
 y: {
 beginAtZero: true,
 title: {
 display: true,
 text: 'Water Level (cm)'
 }
 },
 x: {
 title: {
 display: true,
 text: 'Time'
 }
 }
 }
 }
});
}

```

```

function saveSettings() {
 const threshold = parseFloat(alertThreshold.value);
 // Save the alert threshold to the system or local
 storage
}

function updateWaterLevelCycle() {
 const waterLevelRange = [0, 100];
 const currentLevel = Math.floor(Math.random() *
(waterLevelRange[1] - waterLevelRange[0] + 1)) +
waterLevelRange[0];
 updateWaterLevel(currentLevel);
}

setInterval(updateWaterLevelCycle, 2000);

saveSettingsButton.addEventListener('click',
saveSettings);

```

					123.KI-41.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62