

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерної інженерії та управління _____
Кафедра _____ Автоматизації проектування обчислювальної техніки _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____
Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Спеціалізовані комп'ютерні системи _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

**ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові _____ Несчетному Владиславу Володимировичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Система екологічного аналізу стану водних ресурсів _____
_____ Water Resources Status Environmental Analysis System _____

затверджена наказом по університету від _____ 04 _____ 11 _____ 2018 р. № _____ 1624 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 24 _____ 12 _____ 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Середовище розробки Arduino IDE _____
_____ Плата Arduino MEGA R3 2560 _____
_____ Мова програмування C _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
_____ Проблематика водних ресурсів та показники якості води _____
_____ Огляд існуючих рішень _____
_____ Розробка системи _____
_____ Платформа Arduino _____
_____ Середовище розробки програмного забезпечення _____
_____ Алгоритм роботи пристрою _____
_____ Прошивка для мікроконтролера _____
_____ Розробка схем та збирання пристрою _____
_____ Дослідження показників рідин _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів)

20 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	ктн. Немченко В.П.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	03.09.2019 -10.09.2019	
2	Аналіз предметної області	10.09.2019 -30.09.2019	
3	Аналіз джерел з проблемної галузі	30.09.2019 -15.10.2019	
4	Постановка задачі	15.10.2019 -15.11.2019	
5	Розробка системи	15.11.2019 - 25.11.2019	
6	Створення функціонального пристрою	25.11.2019 -05.12.2019	
7	Проведення дослідження пристроєм	05.12.2019 -15.12.2019	
8	Оформлення пояснювальної записки	15.12.2019 -20.12.2019	
9	Оформлення графічного матеріалу	20.12.2019 -22.12.2019	
10	Перевірка виконаного проекту керівником	22.12.2019 -23.12.2019	
11	Захист проекту	24.12.2019	

Дата видачі завдання 03.09.2019

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ ктн. Немченко В.П.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 63 сторінки, 31 рисунок, 11 таблиць, 4 додатки, 21 джерел за переліком посилань.

СИСТЕМА, ПРИСТРІЙ, ПРОГРАМУВАННЯ, СХЕМА, ДАТЧИК, МІКРОКОНТРОЛЛЕР, PH, GSM, MEGA.

Мета дослідницької роботи полягає у розробці системи, яка отримує інформацію о показниках і може сприяти підвищенню екологічної ситуації у світі.

Результатом роботи є розробка системного пристрою для контролю показників водних ресурсів, приклад використання пристрою для дослідження показників рідин та залежності між ними.

Реалізація пристрою здійснена на базі платформи Arduino, за допомогою мікроконтролеру Arduino MEGA R3 2560 та GSM модулю Sim800L V2. Прошивка мікроконтролеру здійснена на мові програмування C у середовищі розробки Arduino IDE.

ABSTRACT

The explanatory note contains 63 pages, 31 figures, 11 tables, 4 appendices, 21 references in the list of references.

SYSTEM, DEVICE, PROGRAMMING, SCHEME, SENSOR, MICROCONTROLLER, PH, GSM, MEGA.

The purpose of the research is to develop a system that receives information about the indicators and can help to improve the environmental situation in the world.

The result of the work is the development of a system device for monitoring water resources, an example of the use of the device for the study of liquids and the relationships between them.

The device is implemented on the basis of the Arduino platform, using the Arduino MEGA R3 2560 microcontroller and the Sim800L V2 GSM module. The microcontroller firmware is implemented in C programming language in the Arduino IDE development environment.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	12
1.1 Водні ресурси.....	12
1.1.1 Вода у житті людини.....	12
1.1.2 Загальна характеристика водних ресурсів світу.....	14
1.1.3 Забруднення води.....	18
1.2 Показники якості та параметри води.....	21
2 СИСТЕМА.....	26
2.1 Постановка задачі.....	26
2.2 Огляд існуючих рішень.....	26
2.3 Розробка системи.....	29
2.3.1 Концепція та MindMap.....	29
2.3.2 Переваги і недоліки.....	31
2.3.3 Економічна складова.....	31
2.3.4 Сфери застосування.....	31
3 СИСТЕМНИЙ ПРИСТРІЙ.....	32
3.1 Теоретичні відомості та підбір елементів.....	32
3.1.1 Платформа Arduino.....	32
3.1.2 Середовище розробки програмного забезпечення Arduino.....	34
3.1.3 Вибір мікроконтролера Arduino та його характеристики.....	36
3.1.4 Датчики вимірювання.....	40
3.1.5 Передача даних.....	46
3.2 Алгоритм роботи пристрою.....	51
3.3 Прошивка для мікроконтролера.....	52
3.4 Розробка схем і збирання пристрою.....	53

3.5 Інструкція по застосуванню.....	56
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РІДИН.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	62
ДОДАТОК А Графічний матеріал атестаційної роботи.....	64
ДОДАТОК Б Програмна реалізація пристрою.....	74
Б.1 Підключення бібліотек та назначення виводів.....	74
Б.2 Оголошення глобальних змінних.....	74
Б.3 Void setup.....	74
Б.4 Void loop.....	74
Б.5 Реалізація функцій.....	75
ДОДАТОК В Принципова схема плати Arduino Mega.....	81
ДОДАТОК Г Принципова схема пристрою.....	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

pH – міра кислотності водних розчинів (лат. Pondus Hydrogenii – «вага водню»)

GSM – Глобальний стандарт цифрового мобільного сотового зв'язку (англ. Global System for Mobile Communications)

IDE – інтегроване середовище розробки (англ. Integrated development environment)

LED – світлодіод (англ. Light-emitting diode)

EEPROM – постійний запам'ятовувальний пристрій, що програмується та очищується за допомогою електрики (англ. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)

Pin – контакт в електроніці для з'єднання двох елементів схеми

UART – універсальний асинхронний приймач/передавач (англ. Universal asynchronous receiver/transmitter)

SIM – модуль ідентифікації абоненту (англ. Subscriber Identification Module)

AT – початок виклику строк команд модема (англ. Attention – «увага»)

RX – канал отримання даних (англ. Recieve)

TX – канал відправлення даних (англ. Trancieve)

Vin – pin на платі відповідальний за живлення (англ. Voltage input)

GND – вузол в електроніці, потенціал якого умовно приймається за нуль (англ. Ground)

ANT – модуль, призначений для випромінювання або прийому радіохвиль (англ. Antenna)

DC – постійний струм (англ. Direct current)

USB – послідовний інтерфейс для підключення периферійних пристроїв до обчислювальної техніки (англ. Universal Serial Bus – універсальна послідовна шина)

COM – послідовний порт комп'ютера, використовується для передачі даних згідно з протоколом RS-232 (англ. Communication port)

SMS – технологія прийому та передачі коротких текстових повідомлень за допомогою сотового телефону (англ. Short Message Service — «служба коротких повідомлень»)

ВСТУП

В останнє десятиліття було докладено багато зусиль для зменшення забруднення водних об'єктів у світі. Вода завжди була дуже важливою для життя на Землі. Річки є джерелом забруднення, оскільки люди самі скидають туди сміття. Потім ці річки впадають у моря, океани, і тому зубна щітка, яку колись кинули в річку, пробивається по всьому світу і опиняється з іншого боку.

У світі, який намагається боротися із забрудненням, дані мають вирішальне значення. Компанії та підприємства повинні легко співпрацювати над глобальними проектами зі зменшення забруднення води.

Моя мета дослідити та розробити систему, що дозволить користувачеві, компанії або окремим особам безпечно і точно збирати необхідні дані о стані води та слідити за ними прямо з телефону. Зараз у світі популярним напрямком є бездротові технології, за допомогою них ми можемо передавати дані з пристроїв не розміщуючись поблизу. У моїй системі буде використовуватись GSM для передачі даних, оскільки він простий у використанні та надійний. З можливістю використання декількох пристроїв цієї системи людина може отримувати інформацію о стані води з різних місць одночасно – це дає можливість краще аналізувати та маніпулювати даними.

На сьогодні ринок має багато пристроїв для вимірювання показників води. Більшість з них використовують контролер, як засіб керування. У ньому міститься програма за якою він працює. Контролер може мати кнопки керування на своєму корпусі або працювати вже за прошитим алгоритмом. Пристрій повинен бути цілком герметичним, щоб вода не потрапляла до елементів системи. Датчики повинні бути занурені у воду на достатню глибину для правильності вимірювання. Обов'язково пристрій повинен

працювати від потужної батареї, щоб використовуватися на відстані значний проміжок часу.

Збираючи температуру води, рН та її мутність, система упаковується усіма датчиками, які знадобляться для моніторингу забруднення води. З можливістю використання датчиків, таких як ультразвуковий датчик, датчик кисню, інфрачервона камера ціна пристрою швидко збільшується, але і можливості стають кращими.

Розроблений пристрій можна використовувати у побуті для контролю води у басейні, акваріумі, екологічних проб тощо. Схожі пристрої використовуються у медицині, алкогольній та хімічній промисловості.

Вимірюючи показники води наприклад в річках та озерах, ми можемо підвищити обізнаність про те, що вода стає бруднішою і щось треба робити.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Водні ресурси

Від англійської водні ресурси *water resources* – води Землі, що придатні до використання. До них належать: річкові, озерні, морські, підземні та ґрунтові води, водосховища, лід гірських і полярних льодовиків. Водні ресурси – всі води гідросфери.

1.1.1 Вода у житті людини

Вода необхідна для виникнення, існування і розвитку життя, все що відбувається в біоті (сукупності природних живих організмів) процеси засновані на воді. Водні ресурси критично важливі і для цивілізації, так як система забезпечення життя людини побудована на використовуючи воду технологіях. Як би не називали сучасне суспільство – постіндустріальне, інформаційним, постмодерністським, базою його життєзабезпечення служить виробництво продовольства, яке неможливе без води, як і життя самої людини.

Вода – найважливіший із залучаючих в людське господарство природних ресурсів, за обсягом щорічного використання вона набагато перевершує масу всіх разом узятих інших видобутих ресурсів [1]. У процесі споживання ресурсів людство щорічно переміщує близько 300 млрд тон ґрунту і порід, тоді як з різноманітних водних джерел в кінці минулого століття щороку відбиралося більше 4000 км^3 ($4 \cdot 10^{12}$ тон) води, по масі на порядок більшої за інші природні ресурси в сукупності (Helmer, 1997), з тих пір ця величина істотно зросла. Справа не обмежується забором води з природних джерел, і в процесі господарської діяльності людство фактично використовує води значно більше.

В різноманітних технологічних процесах і системах виробництва використовується рециркулювання вод (повторне і оборотне водопостачання). Так, наприклад, в США в промисловому секторі, в середньому, кожен куб. м води використовується не менше 20 разів, в Україні майже половина систем водопостачання в промисловому секторі побудована на основі повторного і оборотного водопостачання [2]. В цілому в світі рециркулювання вод лежить в межах 10% від щорічно відібраної з природних джерел водної маси.

Людство використовує воду в штучно створених водних об'єктах – водосховищах і ставках, де вона накопичується і в подальшому використовується для різноманітних цілей: отримання енергії, зрошення земель, річкового транспорту, рибальства і рибництва, рекреації. Сумарний обсяг водосховищ світу з повним об'ємом від 0,1 км³ становить близько 6330 км³, а їх число в світі перевищує 3000. Тому реальне споживання води людством в кінці минулого століття оцінювалося величиною 9000 км³ в рік, що по масі в 30 разів перевищує споживання всіх інших матеріалів разом з переміщеною при їх видобутку породою.

Також людство використовує водні об'єкти як транзитні і очисні системи для відходів, а також для їх поховання. Саме цей спосіб водокористування вимагає найбільшої маси води, хоча в розрахунках водоспоживання він практично не враховується, мабуть, певною мірою через що виникнення методологічних і інформаційних труднощів. Між тим відомо, що глобальний злив стічних вод становить величину близько 2000 км³ в рік, а для приведення якості води в природному об'єкті, що використовується як приймач стоку, до фонових стічних вод навіть після очищення вимагають розведення в 10-50, а без очищення до 100-1000 разів. Не дивно, що практично всі ріки світу в тій чи іншій мірі забруднені, як і деякі озера, замкнуті моря і прибережні води, а також верхній горизонт підземних вод. Саме цей спосіб використання води, є самим водоемним. Крім того захоронення та складовані на полігонах тверді відходи також служать

постійним джерелом забруднення водних об'єктів, оскільки вода є універсальним розчинником.

Практично вся емісія забруднюючих речовин в атмосфері осідає на поверхню планети у вигляді сухих і мокрих випадінь, і найбільш значна частина цих речовин прямо або через перенесення стоком потрапляє у водні об'єкти. За оцінкою, яку Дж. Родда дав в середині 1990-рр., забруднюється до 17 тис. кілометрів кубічних води, що становить половину від максимальної оцінки її доступного для використання обсягу.

Водні об'єкти є місцем існування промислових риб і інших гідробіонтів, що становлять важливу, а в ряді країн – переважну частину раціону. Не застосовуючи штучного зрошення сільськогосподарські підприємства також повинні розглядатися як водоспоживачі: вся вода, транспонована оброблюваними рослинами, фактично споживається таким виробництвом; крім того, заміна природних екосистем агроценозами неминуче призводить до змін водного режиму ґрунту.

Вода забезпечує три найважливіші для людства функції: виробництво продовольства, виробництво енергії та промислової продукції, побутове водоспоживання і задоволення санітарно-гігієнічних потреб (крім транспортних, рекреаційних, естетичних та інших функцій). Не дивно, що безпрецедентне зростання світової економіки в ХХ столітті, демографічний вибух, супутнє цьому збільшення антропогенного навантаження на екосистеми та природні водні об'єкти стали причиною виникнення браку води в багатьох регіонах світу. Звичайно, людство знайоме з дефіцитом води чи не з моменту свого виникнення, але його сьгоднішні масштаби зовсім безпрецедентні.

1.1.2 Загальна характеристика водних ресурсів світу

Запаси води на Землі колосальні, але можливість їх використання обмежена, в першу чергу, природними факторами, в тому числі

екологічними. Величезна маса води у Світовому океані має високу солоність, запаси прісної води в льодовикових покривах малодоступні через віддаленість і знаходяться у твердій фазі, як і ґрунтові льоди мерзлих порід. Значна частина підземних вод мінералізована і залягає на великих глибинах, половина маси озерної води також засолена. Тому кількість прісної води, доступної для споживання, виявляється істотно обмеженим (в зіставленні з сучасними потребами цивілізації).

Водами Світового океану вкрито дві третини поверхні Землі. Площа водних об'єктів (озера, річки, водосховища, льодовики) загалом становить 15% суші. На інші водні об'єкти суші залишається лише 4%, якщо не враховувати льодовики (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Льодовик

У водних об'єктах Землі об'єм води загалом становить приблизно 1390 млн км³, і частка Світового океану – 96,4%. Льодовики містять найбільшу кількість води серед водних об'єктів суші – 25,8 млн км³ (1,86% усіх вод Землі). На льодовики Гренландії, Антарктиди та Арктики припадає 9,7%, 89,8% і 0,3% відповідно. Гірські льодовики складають всього – 0,2%.

Частина підземних вод (до глибини 2000 метрів від поверхні суші) також відноситься до гідросфери, якщо вони приймають участь у кругообігу води в природі. Тут оцінки об'єму вже різняться між собою – від 23,4 млн км³ до 60 і 86 млн км³.

Прісні води мають велике значення – природний ресурс, що найбільш цінний для людини. Загалом на планеті 36,7 млн км³ прісних вод (3,7% від загального об'єму). На льодовики припадає 26,1 млн км³ (71% від загальної кількості прісних вод на Землі). На воду річок, озер, водосховищ – 26,1 млн км³ (29% від загальної кількості прісних вод на Землі), або близько 1% від загального об'єму вод на Землі.

З безперервно відновлюваних водних ресурсів і вікових запасів води складаються ресурси прісних вод (таблиця 1.1). Частинами водних об'ємів озер, льодовиків, підземних вод, які не підлягають щорічним змінам представлені вікові (статичні) запаси прісної води (поновлюються надзвичайно повільно, протягом сотень і тисяч років). Їх не можна вилучати на господарські потреби без завдання шкоди даним водним об'єктам або пов'язаним з ними річкам. Запаси прісних вод, що відновлювані – це материковий стік у Світовий океан (річковий та підземний стік). Саме такі водні ресурси оцінюють за рівнем водного балансу.

Вікових (статичних) ресурсів прісних вод найбільше мають Північна Америка та Азія, менше – Південна Америка та Африка а найменше – Європа та Австралія.

Відновлювані водні ресурси розміщуються по земній кулі нерівномірно.. Азія складає величину річкового стоку найбільшу (30% стоку всіх річок планети), Південна Америка (26%), найменшу – Європа (7%) та Австралія з Океанією (5%). З розрахунку на жителя найбільшу забезпеченість має населення Південної Америки та островів Океанії, найменше – населення Європи та Азії.

Найбільші водні ресурси серед країн світу мають Бразилія – 9230, Росія – 4270, США – 2850 та Китай – 2600 км³ води на рік.

Таблиця 1.1 – Відновлення водних ресурсів

Тривалість зміни маси	
Полярні льодовики, постійний сніговий покрив, підземні льоди	Близько 10 000 років
Світовий океан	2500 років
Гірські льодовики	1600 років
Підземні води (глибокі)	1400 років
Озера у середньому	17 років
Болота	5 років
Волога в ґрунті	1 рік
Вода в руслах річок	16 днів
Вода в атмосфері	8 днів
Біологічна вода (в живих організмах)	Кілька годин

На випаровування витрачається близько 61% усього об'єму атмосферних опадів для суші, а залишок надходить у Світовий океан. Під відновлюваними водними ресурсами розуміють лише частину материкового стоку, що представлена стоком річок (41,7 тис. км³ води на рік, або 35% атмосферних опадів на планеті). Тому з практичних частини під водними ресурсами окремих регіонів та держав розуміють лише величину середньорічного стоку річок.

Щоб вода у природних умовах в руслах річок оновилась необхідно близько двадцяти днів. Поверхневі води у наш час під впливом господарської

діяльності людей забруднюються і виснажуються, тому потрібно приділяти більше уваги їх охороні.

1.1.3 Забруднення води

Користування водою призводить в першу чергу до її забруднення (рисунок 1.2): виробництво продукції включає транзит води через технічні системи та додавання в неї різноманітних речовин. Фекальні забруднення водних об'єктів поширилися разом з розвитком міст, тобто не пізніше 6 тис. років тому.



Рисунок 1.2 – Забруднення вод

Активне забруднення органічними речовинами пов'язано з розвитком і поширенням сільського господарства і відноситься до часу 500-1000 років тому. Особливо багато нових видів забруднюючих речовин з'явилося в ХХ столітті: в 1900-і роки почалося антропогенний засолення (мінералізація) водних об'єктів, в період між 1910 і 1920 р. з'являються метали, після 1930 р зростає скидання органічних речовин, після 1940 року починається евтрофування водних об'єктів, в 1950-і роки відзначено надходження радіонуклідів, а після 1960 року – окислення вод. Саме забруднення водних об'єктів в даний час є основною причиною нестачі води.

Індустріальне забруднення забезпечує виняткову різноманітність поллютантів в природних водах – від найнебезпечніших, як, наприклад, діоксини або радіонукліди, до практично нейтральних. Чим більше поновлюваних водних ресурсів використовується в індустрії країни, тим більше утворюється стічних вод.

Найбільш великими джерелами індустріального забруднення природних вод в розвинених країнах служать точкові джерела – труби скидання стічних вод. Ці джерела з наростаючим темпом створювалися у міру індустріалізації, але тільки в ХХ столітті, в основному його другій половині, почали встановлювати споруди для очищення стічних вод.

Надспоживання води з багатьох річок і підземних резервуарів веде до зміни режиму водних об'єктів в результаті перетворення природних екосистем на водозборах, в зонах харчування підземних вод і будівництва різноманітних гідротехнічних споруд в межах самих водних об'єктів. Всесвітня комісія по воді (World Commission on Water) відзначила в 1999 року, що більше половини великих річок світу «серйозно виснажені і забруднені, деградують і отруюють навколишні їх екосистеми, погрожуючи здоров'ю і життєзабезпечення залежить від них населення».

Зміна величини і режиму річкового стоку, забруднення водних об'єктів ведуть до порушення циклу життя гідробіонтів, скорочення їх популяцій і зникнення видів. За останні 20 років близько 10 тис. видів прісноводних риб виявилися пригніченими, чисельність їх стала знижуватися або вони вже зникли. Перспективи існування 100 тис. прісноводних видів хребетних і не меншої кількості видів безхребетних тварин, водоростей, бактерій і найпростіших, що мешкають в донних відкладеннях, невизначені, але біологи не сумніваються в тому, що ці види вельми чутливі до змін рівня води, її хімічного складом, величиною стоку і іншим гідрологічним характеристикам.

В багатьох випадках забруднення води залишається невидимим, так як забруднювачі розчинені у воді. До видимих часто належать: піністі миючі

засоби (рисунок 1.3), неочищені стоки і плаваючі на поверхні нафтопродукти. До природних забруднювачів належать з'єднання алюмінію, що знаходяться в землі і потрапляють в систему прісних водойм в результаті хімічної реакції. З'єднання магнію вимиваються паводками з ґрунту луків, вони завдають величезної шкоди рибним запасам.



Рисунок 1.3 – Мильна піна по берегах річки Нью-Рівер (Каліфорнія)

Обсяг природних забруднюючих речовин дуже малий в порівнянні з виробленими людиною. Кожного року у водні басейни вливаються тисячі хімічних речовин з непередбачуваною дією, серед них є й багато нових хімічних сполук. У воді можуть бути знайдені підвищені концентрації токсичних важких металів (кадмію, ртуті, свинцю), пестициди, нітрати і фосфати, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, лікарські препарати й гормони, які також можуть потрапити в питну воду. Щороку, в моря і океани попадає до 12 мільйонів тон нафти.

Кислотні дощі також вносять певний вклад у збільшення насиченості важких металів у воді. Розчиняючи в ґрунті мінерали, вони здатні призводити до збільшення вмісту у воді іонів важких металів. Радіоактивні відходи також потрапляють в кругообіг води в природі з атомних електростанцій.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) 80% захворювань у світі спричинені неналежною якістю і антисанітарним станом води. У селах проблема якості води дуже велика – близько 90% всіх

сільських жителів в світі постійно користуються нечистою водою для купання і пиття.

Джерело забруднення поділяються за такими ознаками:

- за походженням – антропогенні та природні;
- за локалізацією – на точкові, лінійні, площинні;
- за тривалістю впливу – на постійні, періодичні та епізодичні;
- за видом носія забруднювальних компонентів – на стічні, скидні (зрошувальні та дренажні), інфільтраційні та води з під землі, води поверхневого стоку, атмосферні опади.

На забруднення можуть вказувати такі ознаки, як мертва риба, але є і більш складні методи його виявлення. Забруднення прісної води вимірюється не менше ніж 15 показниками, в результаті вода відноситься до одного з класів забрудненості. Один з показників – біохімічне споживання кисню (БСК) – сума розчиненого кисню, що споживається організмами для аеробного розкладання органічних речовин, що містяться у воді, на свій ріст і розмноження, створення біомаси. Показник характеризує стан забруднення водних об'єктів, основними індикаторами якого є вміст органічних речовин та амонійних сполук, від яких у значній мірі залежать умови для збереження необхідного рівня вмісту кисню у річках.

1.2 Показники якості та параметри води

Якість води – це набір її хімічних, біологічних компонентів та фізичних властивостей (рисунок 1.4), що обумовлюють придатність води для вживання.

До хімічних показників відносяться водневий показник (рН), окиснюваність, азотні сполуки, сухий залишок, марганець, хлориди, сульфати, залізо, твердість води, а також специфічні забруднювальні речовини та важкі метали.

До фізичні показників води належать мутність, кольоровість, температура, смак та запах.

До біологічних показників якості води належить біологічне споживання кисню (БСК). Для визначення БСК окиснювачами слугують бактерії. Як джерело живлення для бактерій використовується забруднення води. Кількість кисню, що витрачається мікроорганізмами на весь цикл реакції синтезу тіла клітини й отримання енергії, і є БСК.

Показники	норматив ДСанПН 2.2.4-171-10	один. виміру
1	2	3
Мікробіологічні		
Загальні колиформи	відсутні	КУО в 100 см ³
Загальне мікробне число	< 100	КУО/см ³
E. coli	відсутні	КУО в 100 см ³
Ентерококи	відсутні	КУО в 100 см ³
Органолептичні		
Запах при 20 ^o C	< 2	бали
Запах при 60 ^o C	< 2	бали
Забарвленість	< 20	градуси
Присмак	< 2	бали
Каламутність	< 1,5	мг/дм ³
Фізико-хімічні		
pH	6,5÷8,5	один. pH
Залізо загальне	< 0,2	мг/дм ³
Жорсткість загальна	< 7,0	ммоль/дм ³
Марганець	< 0,05	мг/дм ³
Мідь	< 1,0	мг/дм ³
Поліфосфати	< 3,5	мг/дм ³
Сульфати	< 250,0	мг/дм ³
Сухий залишок	< 1000	мг/дм ³
Хлориди	< 250,0	мг/дм ³
Цинк	< 1,0	мг/дм ³
Хлор залишковий вільний	< 0,5 (при хлоруванні)	мг/дм ³
Нафтопродукти	< 0,1	мг/дм ³
Поверхнево-активні речовини аніонні	< 0,5	мг/дм ³
Санітарно-токсикологічні		
Амоній	< 0,5(2,6)	мг/дм ³
Нітрити	< 0,5	мг/дм ³
Нітрати	< 50,0	мг/дм ³
Фториди	0,7÷1,2	мг/дм ³

Рисунок 1.4 – Показники якості води

Показник водню (рН) – величина, яка означає силу іонів водню (H^+) в розчині, тобто кількісно виражає кислотність або лужність розчину. Розчин в якому рН має значення 7 – нейтральний, із збільшенням значення водневого показника розчин стає лужним, а із зменшенням – кислим. У більшості відомих розчинів рН коливається між значеннями 0 та 14 (рисунок 1.5).

Речовина	рН
Електроліти в свинцевих акумуляторах	<1,0
Шлунковий сік	1,0 — 2,0
Лимонний сік (5% розчин лимонної кислоти)	2,0 ± 0,3
Харчовий оцет	2,4
Кока-кола	3,0 ± 0,3
Яблучний сік	3,0
Пиво	4,5
Кава	5,0
Шампунь	5,5
Чай	5,5
Шкіра здорової людини	5,5
Кислотні дощі	< 5,6
Слина	6,35 — 6,85
Молоко	6,6-6,9
Чиста вода	7,0
Кров	7,36 — 7,44
Морська вода	8,0
Мило (жирове) для рук	9,0 — 10,0
Нашатирний спирт	11,5
Відбілювач (хлорне вапно)	12,5
Концентровані розчини лугів	>13

Рисунок 1.5 – Значення рН речовин

В абсолютно чистій воді рН мусить мати значення 7. Але насправді такого майже ніколи не трапляється – наприклад, при контакті із повітрям у воді розчиняється CO_2 , з якого утворюється вугільна кислота H_2CO_3 , внаслідок цього рН води падає до 5,7-6 [9].

В залежності від рН, води бувають на сильнокислі (рН < 3), кислі (3,0–5,0), слабокислі (5,0–6,5), нейтральні (6,5–7,5), слаболужні (7,5–8,5), лужні, (8,5–9,5), сильнолужні (рН > 9,5).

Водневий показник водних розчинів можна приблизно визначити, використовуючи індикатори – сполуки, що змінюють забарвлення при внесенні у розчин. До відомих індикаторів належать фенолфталеїн, лакмус та метилоранж.

У світі для точного вимірювання значення рН використовують рН-метри, що мають скляні електроди, винятково чутливі до іонів H^+ , але не чутливі до інших катіонів. Сигнал від такого електрода, поміщеного у дослідний розчин, підсилюється і порівнюється із сигналом від розчину з точно відомим значенням рН.

Окиснюваність води показує витрати окисника чи еквівалентної кількості кисню органічними речовинами. У річній воді окиснюваність є в межах 2–8 мг/л O_2 . Збільшення значення окиснюваності буде свідчити про забруднення промисловими водами.

Азотні сполуки є результатом розкладання сечовини і білкових сполук, що впали у воду з господарсько-побутовими стоками.

Сухий залишок після випаровування певного об'єму води визначає кількість солей у природних водах.

Хлориди наявні у багатьох водах через велику розчинність хлористих солей, та скидання у воду промислових і господарсько-побутових стічних вод.

Завдяки іону кальцію та магнію вода характеризується твердістю, велика кількість яких у воді робить її не придатною для господарсько-побутових потреб і багатьох технологічних процесів. Тверда вода спричиняє не розвареність м'яса, псує вигляд, смак і якість чаю, перевитрачаються мийні засоби під час прання, збільшується крихкість тканин. Постійна робота парових котлів з твердою водою призводить до аварій.

Санітарно-бактеріологічна оцінка якості води ґрунтується на визначенні двох основних показників: мікробного числа і кількості бактерій групи "Колі". За стандарт прийнято вважати кишкову паличку, як міру

оцінки якості. Абсолютна кількість кишкових паличок у води – це "Колі-індекс". Для чистої (питної) води "Колі-індекс" ≤ 3 , "Колі-титр" ≥ 300 .

Температура води залежить від походження її. Особливістю підземних вод є статичні температури.

Виділяють чотири смаки води: солоний, гіркий, солодкий і кислий.

Наявність мулу, піску, глини та органічних решток визначає прозорість та мутність води (рисунок 1.6). За допомогою фільтрування та відстоювання мутність води зменшується. Мутність води в річках та водоймах підвищується при дощах, паводках, танення льодовиків.

Загалом мутність води визначається через порівняння досліджуваної води зі стандартними суспензіями [7]. Традиційно в якості суспензії використовувалася суспензія каоліну (глини), а результат вимірювань висловлювався в міліграмах (каоліну) на літр. У наш час стандартом прийнято використовувати суспензію фармазину (полімеру), мутність вимірюють в ОМ / літр (одиниці мутності на літр).



Рисунок 1.6 – Зразки води з мутністю 5, 50, и 500 одиниць мутності по фармазину

Мутність питної води слід нормувати щоб використовувати для полегшення зростання бактерій – вона їх захищає від ультрафіолету, а також з естетичних міркувань. ВООЗ не нормує мутність, тому що немає впливу на здоров'я людей, але з точки зору зовнішнього вигляду рекомендує мутність не вище 5 ОМФ.

2 СИСТЕМА

2.1 Постановка задачі

Для визначення параметрів води та інших речовин необхідно створити систему, яка буде враховувати дані показники та відображати їх. За допомогою її слід провести дослідження різноманітних рідин, проаналізувати як змінюються показники температури, мутності та кислотності.

2.2 Огляд існуючих рішень

pH-метр – це електронний прилад, який працює на основі мікропроцесора, що керує датчиками. Датчики відсилають значення напруги до нього, а він їх перераховує [10].

pH-метр pH-420 (рисунок 2.1) використовується при аналізі показників для питної води, харчових продуктів, та виробничих систем, при здійсненні контролю технологічних процесів.

Цей пристрій може вимірювати:

- водневий показник (pH);
- окислювально-відновний потенціал (Eh);
- температуру в розчині.



Рисунок 2.1 – pH-420 ціною в 12673 грн

Модель рН-метрів рН 420 має розширене програмне забезпечення. Результати вимірювання відображаються на з роздільною здатністю 133х64 і розміром 66х54 мм.

рН-метр МАРК-901 (рисунок 2.2) – це невеликий пристрій, що використовується для вимірювання значення водневого показника та температури у водному середовищі. Його можна використовувати в університетах, промисловості.



Рисунок 2.2 – Портативний МАРК-901 ціною від 26524 грн

Пристрій Марк-901 працює за рахунок вимірювання різниці потенціалів між електродами, що занурені у розчині. ЕРС лінійно залежить від значення водневого показника.

Значення електрорушійної сили з електроду переводиться у значення кислотності з урахуванням температури розчину – створюється термокомпенсація. Визначена інформація виводиться на LCD екран цього пристрою.

Переваги Марк-901 перед аналогами:

- точність і зручність вимірювання;
- може вимірювати як кислотність так і температуру;
- контрастний LCD дисплей;
- наявний чохол для зберігання;
- невелике енергопостачання (до 2000 годин).

Маленький та вологозахищений рН-метр HI 98128 рНер 5 може вимірювати показники у рідині (рисунок 2.3). Наявна функція калібрування, на ЖК дисплеї може відображатися рН і температура. Працює від двох АА батареї – від цього його маленьке електропостачання.



Рисунок 2.3 – Портативний рН-метр HI 98128 ціною 4480 грн

Переваги HI 98128 рНер 5 перед аналогами:

- забезпечує швидкі і високоточні вимірювання рН і температури;
- оптимальна ціна;
- завдяки ЖК дисплею відображає рН та температуру;

– якщо не використовується протягом 8 хвилин, відбувається автоматичне вимкнення, що продовжує терміни служби батареї.

2.3 Розробка системи

Для розробки системи потрібно створити її концепцію та MindMap, обговорити переваги та недоліки, відзначити економічну складову та сфери застосування.

2.3.1 Концепція та MindMap

Концепція системи (рисунок 2.4) складається з основних елементів. У її центрі знаходиться мікроконтролер, який отримує, обробляє інформацію та передає до модулів передачі даних. Інформація – показники отримується датчиками, які занурені у рідину. Система живлення живить усі компоненти, формує стабільність роботи. Передача даних дозволяє їх відобразити.

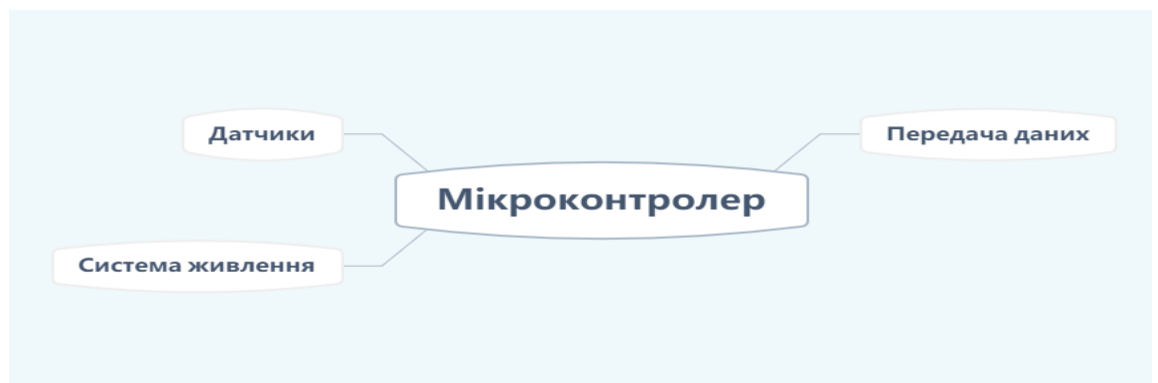


Рисунок 2.4 – Концепція системи

Інтелектуальна карта (рисунок 2.5) містить елементи, на якій відображені необхідні етапи формування системи. Кожний етап проробляється поступово, результатом є етап використання системи.

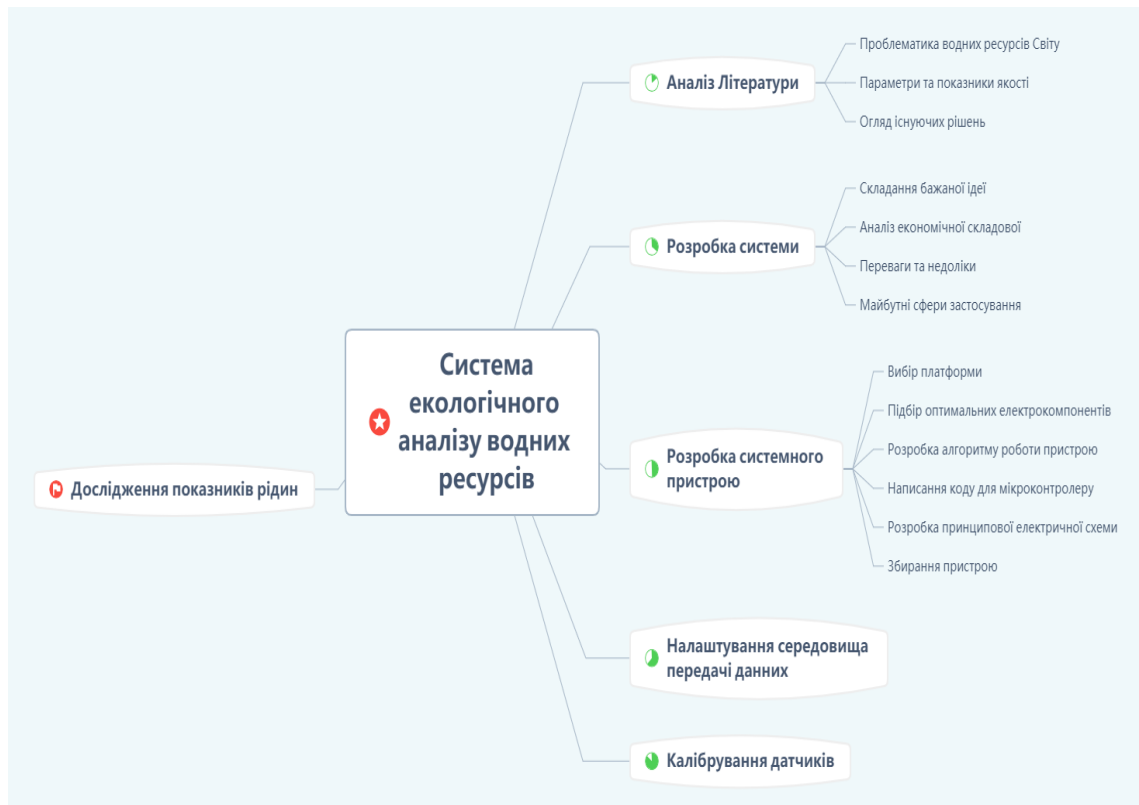


Рисунок 2.5 – Інтелектуальна карта MindMap

Зробивши огляд існуючих рішень, можна дійти висновку які вимірювання повинна робити система.

Серед основних:

- а) вимірювання рН;
- б) вимірювання мутності рідини;
- в) вимірювання температури.

Система повинна передавати дані для відображення на екран. Зручно якщо передача даних йде до телефону користувача. Це дає можливість контролювати показники на відстані. З можливістю сформувати декілька – контролювати їх одночасно у різних місцях. Система повинна мати добре живлення, так як передача даних на відстань формує велику навантаження. При цьому, живлення повинно бути від батареї, для можливості використання її віддалено. Система повинна мати доступ до комп'ютера задля швидкої її калібрування, та налаштування.

2.3.2 Переваги та недоліки

Серед переваг такої системи слід віднести:

- а) можливість аналізувати дані віддалено;
- б) зручний інтерфейс;
- в) точність вимірювання;
- г) можливість налаштування та калібрування датчиків під себе;
- д) є можливість додати інші датчики;
- є) ціна.

Недоліки полягають у тому, що:

- а) час від часу слід заряджати батареї;
- б) слід платити за користування послугами передачі даних.

2.3.3 Економічна складова

Економічна складова даної системи відразу виділяє її серед аналогів, бо вона значно дешевша. Затрати на розробки полягають у придбанні мікроконтролеру, необхідних датчиків, модуля передачі даних, батареї з можливістю підзарядки, герметичного корпусу. Також при передачі даних через GSM слід придбати SIM-карту та активувати її.

Проаналізувавши усі аспекти, систему можна скласти до 3 тисяч гривень. У той час як аналоги мають велико розмірні цінніки.

2.3.4 Сфери застосування

Система може застосовуватись при аналізі води, харчових продуктів та на виробництві, при здійсненні контролю технологічних процесів. Можна проводити лабораторні вимірювання в різних галузях. Цю систему можна використовувати у побуті для контролю води у басейні, акваріумі, екологічних проб тощо.

3 СИСТЕМНИЙ ПРИСТРІЙ

3.1 Теоретичні відомості та підбір елементів

Для формування пристрою необхідно опанувати платформу розробки. Слід підібрати оптимальний під задачі мікроконтролер та датчики. Необхідно підібрати модулі передачі даних.

3.1.1 Платформа Arduino

Arduino – це програмована платформа, яка використовується для роботи з будь-якими електричними елементами, інакше – контролер, який реагує на зміну одних параметрів зміною інших. Arduino виглядає як плата типу ввід-вивід з мікроконтролером (рисунок 3.1), і водночас це середовище для написання прошивки під мікроконтролер.

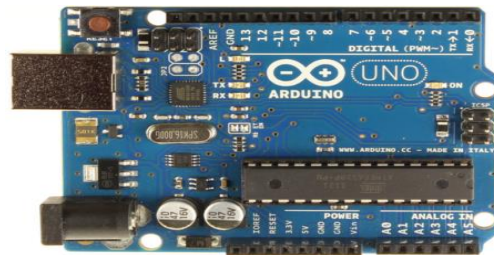
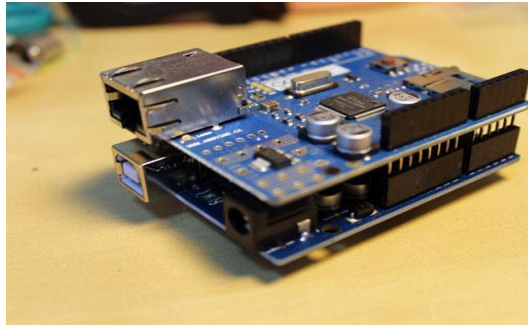
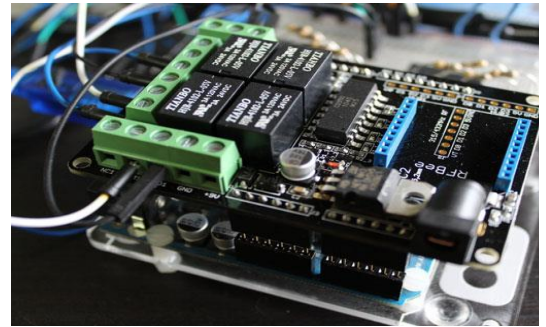


Рисунок 3.1 – Одна найпоширеніших плат платформи – Arduino Uno

Плати Arduino можуть задіяти більшу частину I / O виводів мікроконтролера в зовнішніх схемах. Так в платі Diecimila, наприклад, доступно 14 цифрових ввідів / виводів (рівні «LOW» -0В і «HIGH» -5В), 6 з яких можуть видавати ШІМ сигнал, і 6 аналогових входів (0-5В) [14]. Виводи доступні у верхній частині плати через 0.1 дюймові роз'єми типу «мама». На ринку доступні і плати розширення «Shields» (рисунок 3.2).



а)



б)

Рисунок 3.2 – Плати розширення Arduino: а) Ethernet Shield; б) Relay Shield

Arduino може застосовуватися для розробки різноманітних систем, що керують датчиками та двигунами. Кожний контролер Arduino можна придбати готовий, або зібрати самостійно; серва для прошивки такої плати безкоштовна.

Arduino працюють на базі мікроконтролера Atmel AVR (ATmega328 і ATmega168 в нових версіях і ATmega8 в старих) та елементної частини для програмування та підключення інших схем. На кожній платі обов'язково присутні стабілізатор напруги 5 В і 16 МГц кварцовий генератор (в деяких версіях керамічний резонатор). У мікроконтролер попередньо прошитий загрузчик. Він з'єднується з комп'ютером через інтерфейс USB (якщо він є на платі) або за допомогою окремого перехідника UART-USB.

У світі існує багато аналогів Arduino: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard. Всі вони виконують ті самі функції і необхідні щоб люди не заглиблювалися у складові мікроконтролерів, даючи їм зручний інтерфейс для розробок. Arduino використовують у наш час в університетах та у побуті. Особливості Arduino:

- не потрібний програматор – у мікроконтролер попередньо прошитий завантажувач;

- не велика ціна – плати Arduino мають відносно не велику ціну: модулі Arduino ціною до 50;
- використовується на різних операційних системах;
- доволі зручне середовище програмування;
- програмне забезпечення має відкритий вихідний код;

3.1.2 Середовище розробки програмного забезпечення Arduino

Прошивка до мікроконтролерів розробляється за допомогою середовища Arduino IDE (рисунок 3.3), яке знаходиться у вільному доступі. Середовище включає в себе компілятор, редактор текстів, препроцесор, допоміжні інструменти що підключаються до мікроконтролеру. Це середовище розробки розроблене на Java з використанням Processing, воно цілком підходить під різні операційні системи.

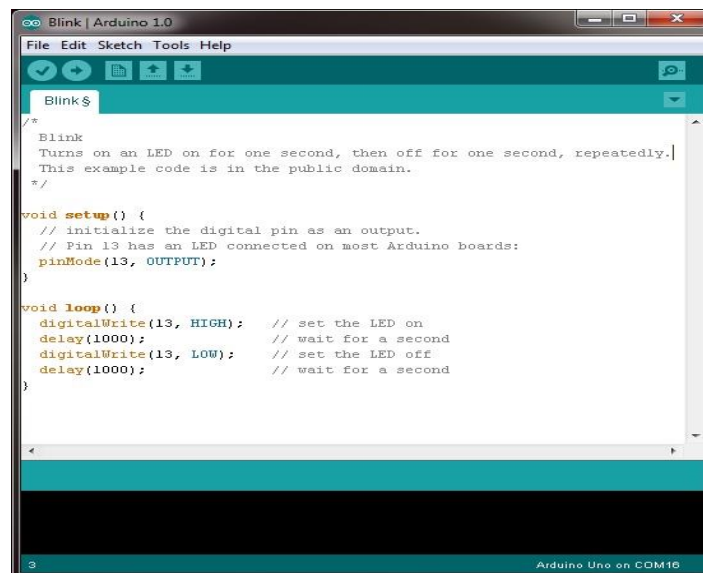


Рисунок 3.3 – Програмне середовище Arduino IDE

Програмування ведеться на C++ з використанням особливого компілятора, що полегшує роботу початківцю.

Sketch – це назва самої прошивки в Arduino, зберігається у форматі .ino.

Функція `main()` створюється самостійно препроцесором, але слід написати самостійно функції `setup()` і `loop()`. Функція `setup()` використовується мікроконтролером один раз при включенні – у ній задаються параметри для роботи. Друга функція викликається циклічно.

Бібліотеки у прошивку додає сам препроцесор, не стандартні слід вказувати у початку коду прошивки.

Завантаження програми в мікроконтролер відбувається через завантажувач, що вже в неї запрограмований. Він зберігається у пам'яті мікроконтролера, але прошивка можлива через програматор.

Для прошивки мікроконтролеру необхідно з'єднати USB-кабелем порт контролеру Arduino з портом комп'ютера. Далі слід в середовищі Arduino IDE, на вкладці Tools, вказати вид контролеру, модель мікроконтролеру тобто процесор, а також номер порту комп'ютера до якого під'єднані (інформація про під'єднання виведеться в правому нижньому куті) (рисунк 3.4).

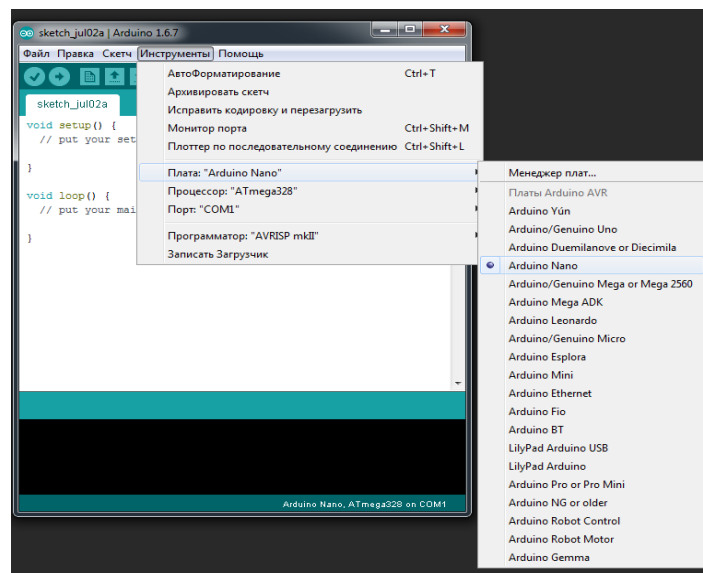


Рисунок 3.4 – Налаштування Arduino IDE для прошивки мікроконтролеру

Після під'єднання потрібно скомпілювати прошивку та натиснути кнопку завантажити, яка позначена стрілкою в верхньому лівому куті.

На більшості плат під час процесу будуть мигати світлодіоди RX і TX. Середовище розробки Arduino виведе повідомлення про закінчення завантаження або про помилки.

Відтепер прошивка буде зберігатися в флеш-пам'яті мікроконтролера і підвантажуватися завантажувачем при кожному запуску плати. В Arduino є можливість перепрошивати її кілька десятків тисяч разів, все обмежується ресурсом flash-пам'яті – а він досить великий. Пам'ять автоматично очищується при прошивці. Стара прошивка буде автоматично видалена.

3.1.3 Вибір мікроконтролера Arduino та його характеристики

Існує багато видів контролерів Arduino, а також плат розширення. Найпоширенішими та найдешевшими контролерами є:

- Uno – відома плата Arduino USB з контролером ATmega328, частота мікроконтролеру 16 МГц з можливістю автоматичного перезавантаження, в ній реалізовано зручне маркування виводів (рисунок 3.5);
- Nano – невелика плата з можливістю під'єднання через USB Mini-B. В ній використовується мікроконтролер ATmega168 та ATmega328 частота мікроконтролеру 16 МГц з можливістю автоматичного перезавантаження (рисунок 3.5);
- Mega – плата серії Mega на мікроконтролері Atmega1280 з частотою в 16 МГц з можливістю автоматичного перезавантаження (рисунок 3.5);
- Mega2560 – оновлений варіант плати Mega. Використовується в ній мікроконтролер Atmega2560 та чіп ATmega8U2 для послідовного з'єднання по USB порту;
- LilyPad – плата Arduino з ATmega328 з можливістю автоматичного перезавантаження, може зашиватися в тканину (рисунок 3.5);
- Fiio – плата що використовується для бездротових застосувань. Fiio містить роз'єм для радіо XBee, роз'єм для батареї LiPo і вбудовану схему підзарядки.

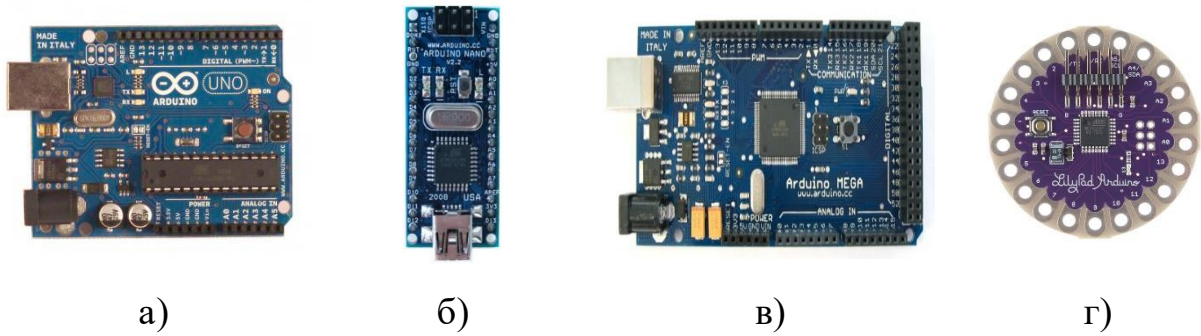


Рисунок 3.5 – Відомі плати Arduino: а) Uno; б) Nano; в) Mega; г) LilyPad

Для виконання поставленої задачі в роботі буде використовуватися контролер Arduino Mega 2560 R3 (рисунок 3.6). Особливості цієї плати:

- не висока ціна на ринку (до 300 грн);
- прошивається через USB Type B вбудованим Bootloader-ом.
- мікросхема CH340, яка вирізняється хорошою стабільністю та швидкістю передачі даних;
- має 54 цифрових піна та 16 аналогових;
- найпотужніший серед Arduino мікроконтролер – ATmega2560 - 16AU

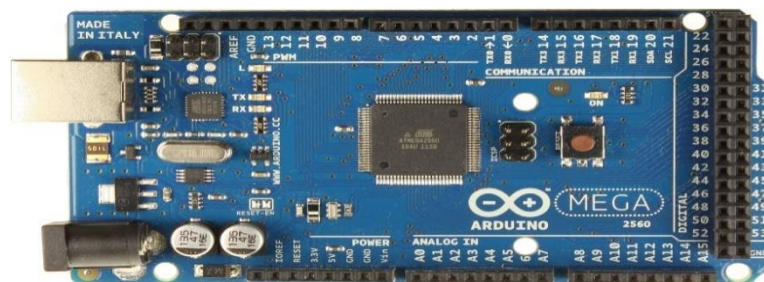


Рисунок 3.6 – Arduino MEGA 2560

Arduino Mega 2560 – це пристрій на базі мікроконтролера ATmega2560. Воно має: 54 цифрових входу та виходу, 16 аналогових входів, 4 UART (апаратних приймача для реалізації послідовних інтерфейсів), кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм ICSP для внутрисхемного програмування і кнопка перезавантаження. Живити слід

від зарядного адаптера чи батарейки, а також є можливість жити від комп'ютера за допомогою USB Type B кабелю [16]. Третя версія Mega має мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 в версіях плати R1 і R2) для перетворення інтерфейсів USB-UART. Технічні характеристики наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики Arduino Mega

Мікроконтролер	Atmel ATmega2560
Ядро	8-бітний AVR
Тактова частота	16 МГц
Робоча напруга (логічний рівень)	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12В
Вхідна напруга (максимальна)	6-20В
Цифрові входи/виходи	54
Аналогові входи	16
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Оперативна пам'ять	8 КБ
Обсяг Flash-пам'яті	256 КБ (8 КБ займає завантажувач)
EEPROM	4 КБ
Розрядність АЦП	10 біт
Апаратних інтерфейсів UART / Serial	4
Апаратних інтерфейсів I ² C / TWI	1
Розміри	1.85 см x 4.2 см

На платі розміщені 4 світлодіоди, що інформують о стані. Вони позначаються як TX, RX, PWR і L. Перші два інформують о передачі, отриманні даних. PWR світиться при напрузі в 5 В і показує, що є живлення. Світлодіод L використовується коли необхідний користувачу.

У мікроконтролері розміщуються такі види пам'яті:

- флеш-пам'ять – в ній зберігається прошивка;
- ОЗУ (статична оперативна пам'ять з довільним доступом) – використовується для зберігання і роботи змінних;
- EEPROM (енергонезалежна пам'ять) – використовується для зберігання постійної інформації.

У флеш-пам'ять та EEPROM дані зберігаються при відключенні живлення. ATmega2560 має 256 КБ флеш-пам'яті програм, 8 КБ пам'яті SRAM і 4 КБ EEPROM.

Arduino Mega живиться через USB Type B, або від нерегульованого 6-20 В, або регульованого 5В, зовнішнього джерела живлення. В якості зовнішнього джерела живлення використовується зарядний пристрій або батарея. Штекер адаптера необхідно встановити у роз'єм живлення на контролері. При живленні від акумулятора слід силовий дріт вивести до Vin а землю до Gnd.

Робота пристрою буде не стабільною якщо живити контролер нижче за 7 В. Якщо використовувати напруги більшу за 12 В то може перегріватися стабілізатор напруги.

Усі входи і виводи працюють від 0 до 5 Вольт. Вхідний струм не повинен бути більшим за 40 мА, а загальний струм контактів повинен бути не більше 200 мА. Входи та виходи Arduino Mega позначені на рисунку 3.7. Принципова схема усієї плати наведена у додатку В.

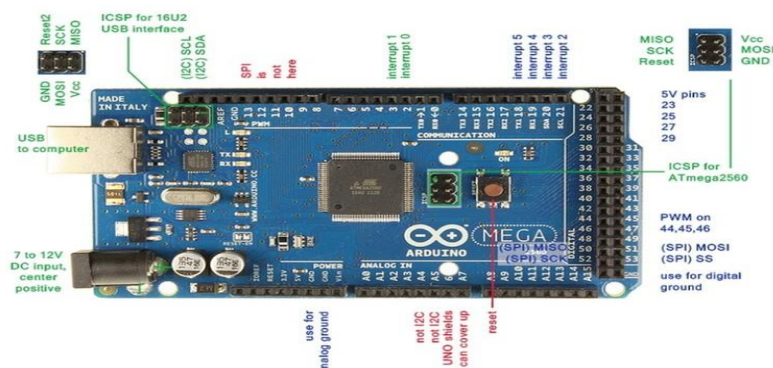


Рисунок 3.7 – Позначення виводів на платі Arduino Mega

Використовуючи `pinMode ()`, `digitalWrite ()` і `digitalRead ()` кожен з 54 цифрових пінів Мега можна налаштувати на роботу в якості входу або виходу. Всі піни мають внутрішні резистори 20-50 кОм.

Послідовний інтерфейс реалізовано на пінах 0 (RX) і 1 (TX); 19 (RX) і 18 (TX); 17 (RX) і 16 (TX); 15 (RX) і 14 (TX). Ці виводи використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу.

Широтна-імпульсна модуляція може використовуватися на пінах: 2 - 13 і 44 - 46. За допомогою функції `analogWrite ()` отримуються 8-бітові аналогові значення у вигляді ШІМ-сигналу.

Світлодіод яким може керувати користувач під'єднаний до піну 13. При високому значенні напруги він світиться, при низькій – ні.

В Arduino Mega 2560 є 16 аналогових входів, кожен з яких пов'язаний з 10 розрядним АЦП. Напруга вимірюється до 5 В, але є можливість змінити границю через AREF та функцію `analogReference ()`.

3.1.4 Датчики вимірювання

Пристрій повинен отримувати дані о показниках води та надсилати їх до мікроконтролера, а з нього на відображення. Показники води вимірюються за допомогою датчиків, які в неї занурюють.

У нашій системі будуть використовуватися три датчика вимірювання: датчик рН, датчик мутності і датчик температури.

Датчик рН – датчик для отримання значення водородного показника, що у розчинах характеризує активність іонів водню. Принцип дії датчика заснований на вимірі величини електро-рушійної сили в системі електродів, що показує активність іонів водню в розчині. У датчика вимірювальний електрод скляний, тому слід застосовувати обережно.

Для цього пристрою буде використовуватися датчик рН – SEN0161 від фірми DFRobot (рисунок 3.8). На приладі є скляний вимірювальний електрод, який працює як індикатор живлення, перетворювач з роз'єм BNC [19]. Щоб

використовувати цей датчик, потрібно під'єднати датчик рН до гнізда BNC, а інший вивід перетворювача до аналогового вхідного порту контролера Arduino, деякі характеристики датчику наведені у таблиці 3.2.

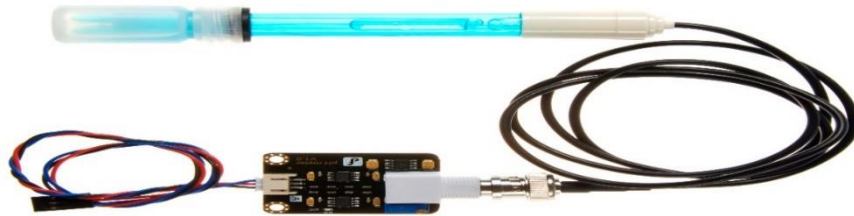


Рисунок 3.8 – Датчик рН SEN0161 з перетворювачем від DFRobot

Таблиця 3.2 – Характеристики рН датчика SEN0161

Модуль живлення	5,00 В
Розмір модуля	43 мм × 32 мм
Діапазон вимірювання	0-14рН
Робоча температура	0-60 °С
Точність	± 0,1рН (25 °С)
Час відгуку	≤ 1хв

До особливостей цього датчика слід віднести:

- можливість посилення за допомогою потенціометру;
- світлодіодний індикатор наявності живлення;
- наявність перетворювача для прямого з'єднання з мікроконтролерами;
- довжина дроту від датчика до роз'єму BNC 660мм;
- екранований дріт;
- футляр з дистельованою водою для калібрування;
- відносно не велика ціна 40\$.

На рисунку 3.9 наведена залежність значення рН від напруги при 25 °С.

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Рисунок 3.9 – Робоча таблиця датчика SEN0161

Для правильного вимірювання слід промивати електрод, та якщо зберігати – у футлярі з дистильованою водою. Також перед першим застосуванням необхідно відкалібрувати електрод за допомогою стандартного розчину – дистильованій воді. Схема підключення наведена на рисунку 3.10.

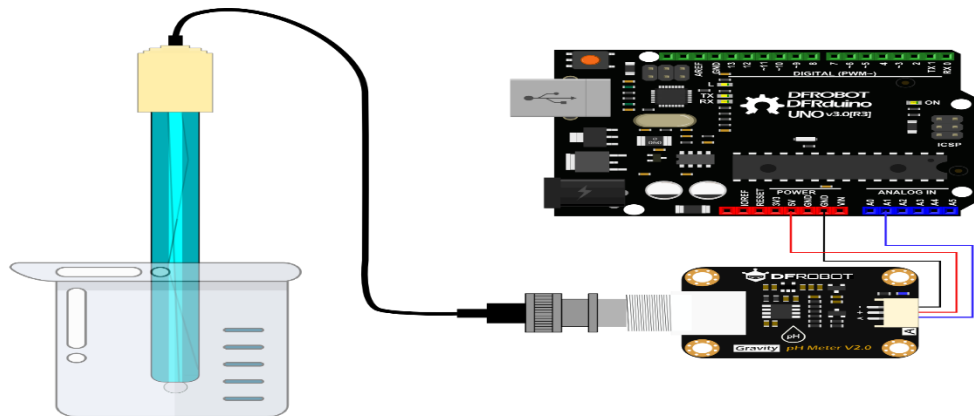


Рисунок 3.10 – Підключення датчика рН до Arduino

Датчик мутності – датчик, який здатний виявляти частки в воді, з вимірюванням коефіцієнту пропускання світла і швидкість розсіювання, який змінюється з сумарною кількістю зважених твердих речовин у воді. У цьому пристрої буде використовуватися датчик мутності SEN0189 від компанії DFRobot (рисунок 3.11) – цей датчик від DFRobot визначає якість води шляхом вимірювання мутності.

Датчик має як аналоговий так і цифровий режим виводу сигналу. За допомогою потенціометру можна відкоригувати порогове значення для цифрового виходу. Характеристики датчика наведені у таблиці 3.3.

Для отримання даних слід занурити у воду по кромку. Задня частина датчика не є герметичною.



Рисунок 3.11 – Датчик мутності SEN0189 з перетворювачем від DFRobot

Таблиця 3.3 – Характеристики датчика мутності SEN0189

Робоча напруга	5 В постійного струму
Робочий струм	40 мА (макс.)
Час відгуку	<500 мс
Напруга аналогового виходу	0-4,5 В
Напруга цифрового виходу	Сигнал високого / низького рівня
Робоча температура	5 °С ~ 90 °С
Розміри адаптера	38 мм * 28 мм * 10 мм
Ціна	25\$

На рисунку 3.12 наведена довідкова таблиця для відображення вихідної напруги на NTU (мг/л) в залежності від температури. В чистій воді значення $NTU < 5$.

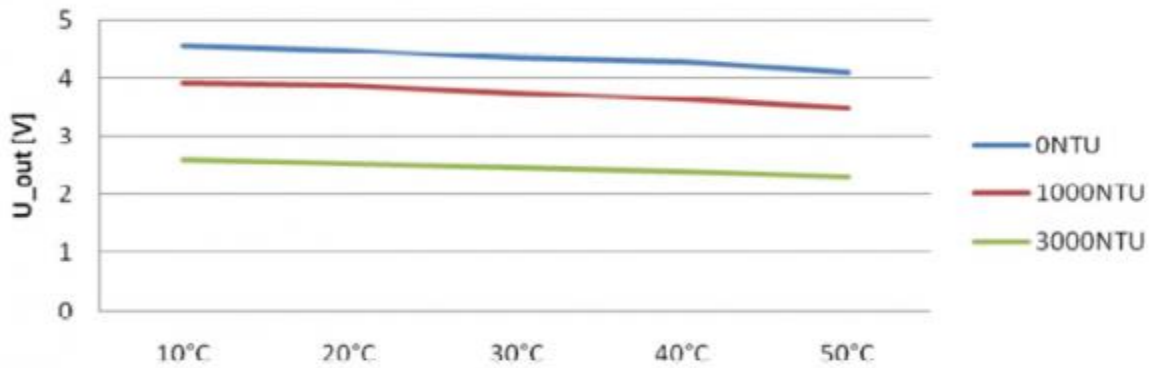


Рисунок 3.12 – Залежність напруги від температури для константного значення мутності

Для вимірювання температури рідини у пристрої буде використовуватися температурний датчик DS18B20 (рисунок 3.13). Він перетворює температуру в 12-бітну цифрову змінну за 750 мс. Виконання датчика в корпусі з нержавіючої сталі з герметизацією забезпечує високу ступінь захисту вимірювального елемента датчика.

В датчику на основі мікросхеми DS18B20 – перетворення температури в цифрове значення відбувається безпосередньо в корпусі. Це дає відсутність впливу сполучних проводів на показання датчика, легкості підключення до мікроконтролерів і ПК. Характеристики датчика наведені у таблиці 3.4.



Рисунок 3.13 – Герметичний датчик температури DS18B20

Таблиця 3.4 – Характеристики датчика температури DS18B20

Тип датчика	Зонд
ступінь вологозахисності	Герметичний
Час відгуку	<750 мс
Робоча напруга	3-5,5 В
Діапазон вимірюваних температур	-55 -125 °С
Точність вимірювання від -10 до 85 °С	± 0,5 °С
Роздільна здатність	9-12 біт
Ціна	4\$

Оскільки сигнал датчика є цифровим, то не буде деградації сигналу навіть на великих відстанях. Датчик доволі точний ($\pm 0,5$ °С за більшу частину діапазону) і може видавати від 9 до 12 біт точності від вбудованого цифро-аналогового перетворювача. Датчик працює працює з будь-яким мікроконтролером за допомогою одного інформаційного дроту [21].

Недоліком датчика є те, що він використовує протокол Dallas 1-Wire, і треба під'єднати цю бібліотеку до прошивки мікроконтролера. Також слід під'єднати підтягуючий резистор 4.7 кОм між лініями DATA та VCC датчика. Дріт DATA слід подавати безпосередньо до цифрового виводу контролеру. Схема підключення датчика до контролера наведена на рисунку 3.14.

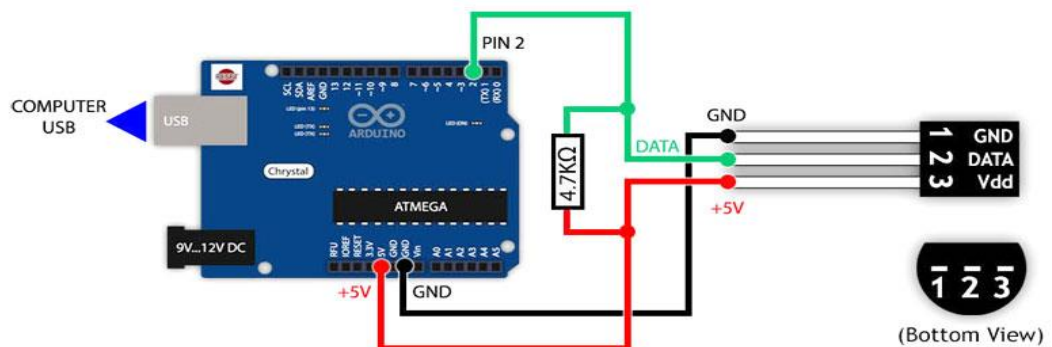


Рисунок 3.14 – Схема підключення DS18B20 до Arduino

3.1.5 Передача даних

Так як цей пристрій повинен передавати інформацію людині віддалено, то такі технології передачі даних як bluetooth та wifi не підходять. Бо вони обмежені дальністю дії. Найкраще сюди підходить GSM.

GSM – це стандарт зв'язку в основі которого лежить розділення каналів по часу та частотам. Існують єдині формати частот на яких працює цей зв'язок. GSM на сьогоднішній день є найбільш поширеним стандартом зв'язку.

GSM підтримує послуги такі як:

- передача даних;
- передача голосової інформації;
- передача коротких повідомлень;
- передача факсом.

Використовуючи GSM модулі можна забезпечити передачу даних від контролеру прямо до телефону. Можемо відправляти команди на пристрої і приймати інформацію від нього за допомогою SMS-команд або через інтернет-підключення, відкрите по GPRS.

Ці модулі слід застосовувати для відправки повідомлень або здійснені дзвінків за допомогою використання мікроконтролеру. Найвідоміші модулі це A6, A7, SIM900, SIM800L.

SIM900 застосовується у системах автоматичного керування. Модуль робить дзвінки, відсилає повідомлення до абонента. Характеристики та особливості наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики SIM900

Діапазон напруг	4,8-5,2В
Потужність передачі	1 Вт 1800 і 1900 МГц, 2 Вт 850 і 900 МГц

Робоча температура	від -30°C до 75°C
GPRS multi-slot class	10/8
Підтримка	2G, GPRS
Протоколи	TCP і UDP
Струм у звичайному та імпульсному режимі	450 мА\2 А

SIM800L застосовується для відправки повідомлення, реалізації дзвінків. У модуль встановлюється MicroSim карта. Пристрій володіє вбудованою антеною і роз'ємом, до якого можна підключати зовнішню антену. Живлення до модуля надходить від зовнішнього джерела або через DC-DC перетворювач. Управління здійснюється за допомогою комп'ютера через UART, Arduino, Raspberry Pi або аналогічні пристрої. Технічні характеристики наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики SIM800L

Діапазон напруг	3,7 - 4,2В
Потужність передачі	Підтримка 4х діапазонної мережі 900/1800/1900 МГц
Робоча температура	від -30°C до 75°C
GPRS multi-slot class	12 (85.6 кБ / с)
Підтримка	2G, GPRS
Протоколи	TCP і UDP
Максимальний струм	500 мА

Модуль А6 виконує функції що й попередні, але характеризується низьким електроспоживанням та невеликим розміром. Технічні характеристики наведені у таблиці 3.6. Модуль підтримує карти формату MicroSIM.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики А6

Діапазон напруг	4,5 - 5,5В
Робоча температура	-30°C до 80°C
GPRS multi-slot class	10
Живлення	5В
Підтримка	2G, GPRS
Протоколи	PPP, TCP, UDP, MUX
Максимальний струм	900мА

А7 є новітнім модулем, і, у порівнянні зі своїм попередником А6 він має вбудований GPS, що значно спрощує конструкцію модуля.

Пристрій підтримує MicroSIM карти. Модуль підтримує обмін дзвінками, обмін SMS-повідомленнями. Його технічні характеристики наведені у таблиці 3.7. Особливістю модуля є зниження шумів.

У пристрої буде використовуватися модуль Sim800L V2 бо він найдешевший і зручний у використанні (рисунок 3.15). Особливістю під'єднання Sim800L до Arduino є необхідність використовувати схему логічного перетворювача. Бо вихідне значення напруги 3.7 а контакти контролера 5 В. Використовуючи Sim800L V2 від RoHS напруги 5В на 5В. Крім цього у даному модулі допрацьована система живлення і є можливість жити модуль від контролера відразу.

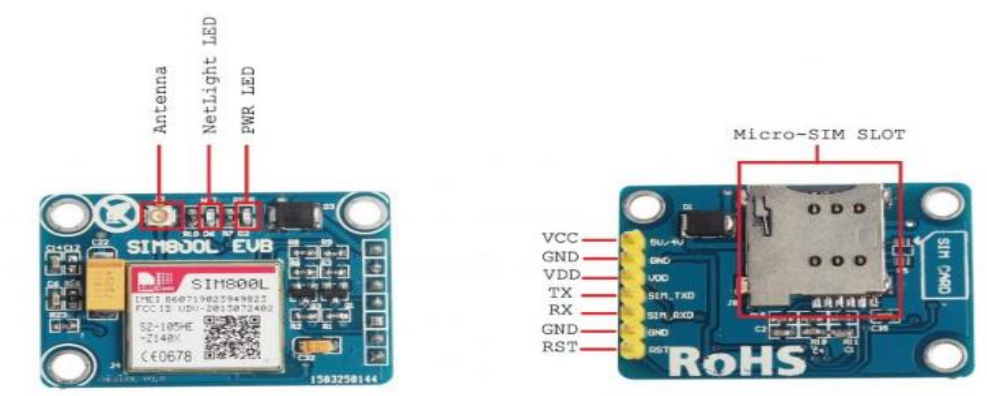


Рисунок 3.15 – GSM модуль Sim800L V2 від RoHS

Плюсом цього модуля є також зовнішня антена, яка йде у наявності і має роз'єм для монтажу у корпус [17].

Серед потрібних контактів слід відзначити RXD TXD – це піни, які використовуються для передачі даних. Для правильної роботи їх слід під'єднувати навпаки. Пін RXD на цифровий пін TX Arduino, пін TXD на цифровий RX. В Arduino є можливість назначити властивості на прийом, передачу даних у прошивці на усі цифрові піни.

Живити цей модуль можна від контролера, або на пряму від джерела живлення 5В. Для початку роботи знадобиться робоча SIM-карта формату microSIM.

При першому включенні індикатор модуля часто блимає – це свідомство пошуку зв'язку. Якщо модуль блимає рідко – зв'язку знайден та модуль працює.

Працювати з модулем можливо за допомогою AT-команд. Для реалізації обміну по UART-інтерфейсу на пінах, відмінних від стандартних RX (0) / TX (1) (вони як правило зайняті підключенням до комп'ютера), знадобиться стандартна Arduino-бібліотека SoftwareSerial.h.

За допомогою команди AT + IPR = <rate>, де <rate> – швидкість в бодах, можна налаштувати швидкість роботи модему з контролером. Скетч налаштовує швидкості обміну даними Arduino і SIM800L, і показує дані в моніторі порту. При запуску Arduino, в Serial, буде відправлена команда AT і модем відправить ОК (рисунок 3.16).

AT-команди – команди, що використовуються модемом GSM, вони несуть в собі короткі повідомлення. Всі команди починаються з at . Усі команди умовно можна поділити на режими – тестовий, де модуль тримає команду, читання – відсилання параметрів команди та запис – де слід ввести нові значення.



Рисунок 3.16 – Робота з модулем через послідовний інтерфейс монітору порта

У пристрої GSM модуль буде відправляти SMS повідомлення на номер. Перед відправкою повідомлення в прошивці Arduino слід включити текстовий формат повідомлень. Це робиться командою `AT + CMGF = 1`. Також необхідно змінити кодування на GSM `AT + CSCS = GSM`. При цьому кодуванні компілятор швидше розуміє символи, що передаються.

Коли модуль отримує команду `AT + CMGS = "+ 38XXXXXXXXXX"` то системі необхідно ввести текст повідомлення. Закінчується ввід за допомогою `Ctrl + Z`, з якою модуль розуміє що це увесь текст.

Схема підключення GSM модуля до Arduino зображена на рисунку 3.17.

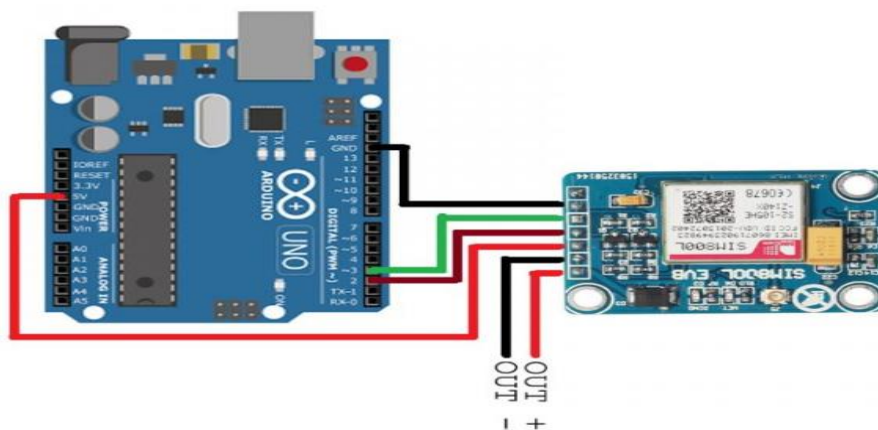


Рисунок 3.17 – Підключення GSM Sim800L V2 до Arduino

3.2 Алгоритм роботи пристрою

Пристрій отримує інформацію через 3 датчики, передає її до мікроконтролера, який обробляє інформацію та передає до GSM модуля. Він надсилає її абоненту. Більший час в одному циклі роботи займає GSM модуль. Датчики роблять вимірювання до секунди, Mega обробляє інформацію також швидко. За допомогою затримок можна встановити частоту відправки повідомлень, та активність роботи пристрою.

Так як пристрій працює від батареї, то слід розробити режим підзарядки її, при цьому щоб пристрій був вимкнений. Алгоритм роботи пристрою наведений у рисунку 3.18.

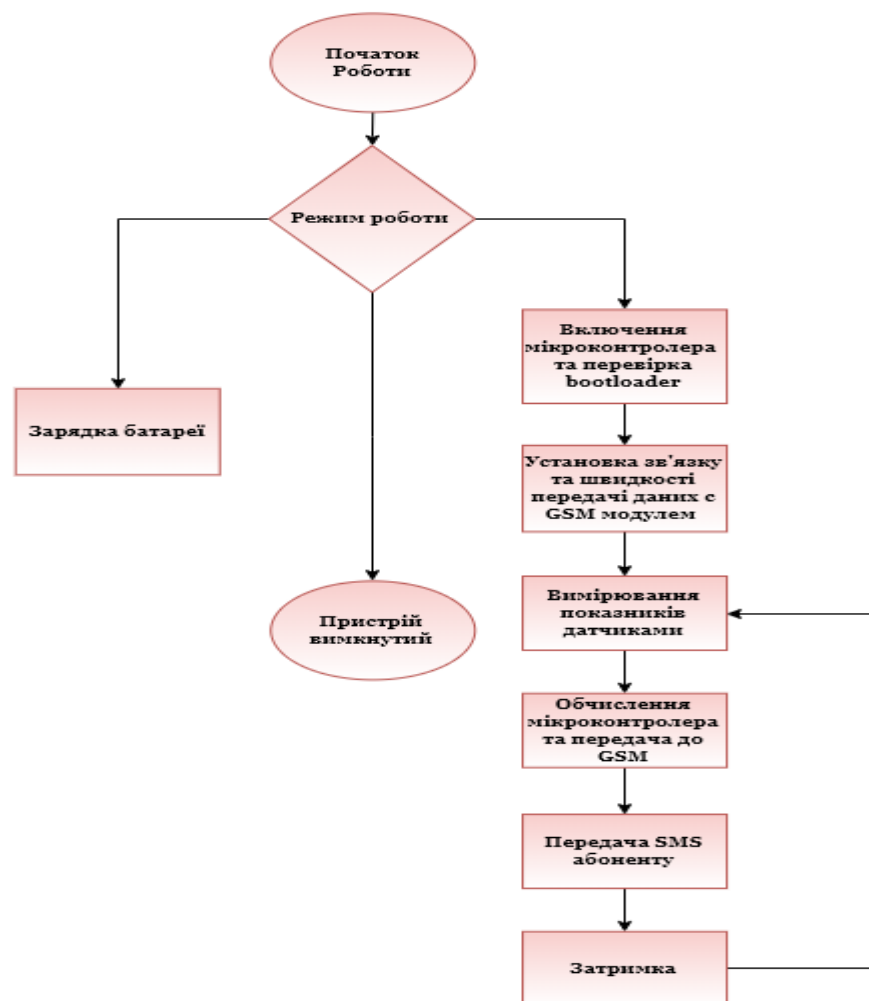


Рисунок 3.18 – Алгоритм роботи пристрою

3.3 Прошивка для мікроконтролеру

При подачі живлення на Arduino завантажувач (Bootloader) за перші секунди перевіряє чи є підключення до РС та чи очікується нове завантаження прошивки. Якщо ні – він загрузає прошивку, яка вже зберігається в флеш пам'яті мікроконтролеру.

Початок коду прошивки починається з підключення бібліотек (додаток Б.1) які будуть використовуватися в роботі, ці бібліотеки не є бібліотеками Arduino, тому їх слід розмістити в папці C:\Program Files\Arduino\libraries\.

Далі використовується інструкція `#define`. Інструкція `#define` в Arduino, як і в мові C++, потрібна для того, щоб спростити написання коду. Ми можемо один раз визначити назву якогось фрагмента коду, а потім всюди використовувати тільки цю назву. Найчастіше використання `define` в Arduino – це визначення констант для номерів виводів.

Використовується `#define`, щоб задати піни та встановити величину для калібрування рН. Визначається пін, до якого під'єднаний інформаційний дріт від датчика температури. З використанням бібліотеки `SoftwareSerial.h` вказуються піни RX та TX в Arduino. З використанням бібліотек `Onewire.h` та `DallasTemperature.h` визначаються дані для температури. Далі оголошуються глобальні змінні (додаток Б.2).

Застосовується функція `void setup()` – це функція для задання налаштувань роботи Arduino, вона викликається 1 раз у початку роботи. У ній задаються швидкість обміну даними по послідовному порту, а також вказується роздільна здатність для датчика температури (додаток Б.3).

Після `void setup()` використовується функція `void loop()` в якій розміщені команди, які будуть використовуватися увесь час доки запущена Arduino послідовно – від початку до кінця, з кінця виконання перейде на початок (додаток Б.4).

У `void loop()` визивається функція `pH()`, `temperature()`, `turbidity()`, функція відправки повідомлення та затримка.

Далі реалізуються функції які викликаються – визначення кислотності, температури, мутності та відправки повідомлення (додаток Б.5). На цьому код прошивки завершується, залишається зкомпілювати його а також завантажити на Arduino.

3.4 Розробка схем і збирання пристрою

Перш ніж збирати пристрій слід розробити його структурну та принципову схему. На структурній схемі позначаються контролер усі датчики та їх перетворювачі, GSM модуль з антеною, прилади живлення та контролю заряду, акумулятор та тумблер. Також на схемі позначаються напрямки передачі даних та живлення. Структурна схема пристрою наведена на рисунку 3.19.

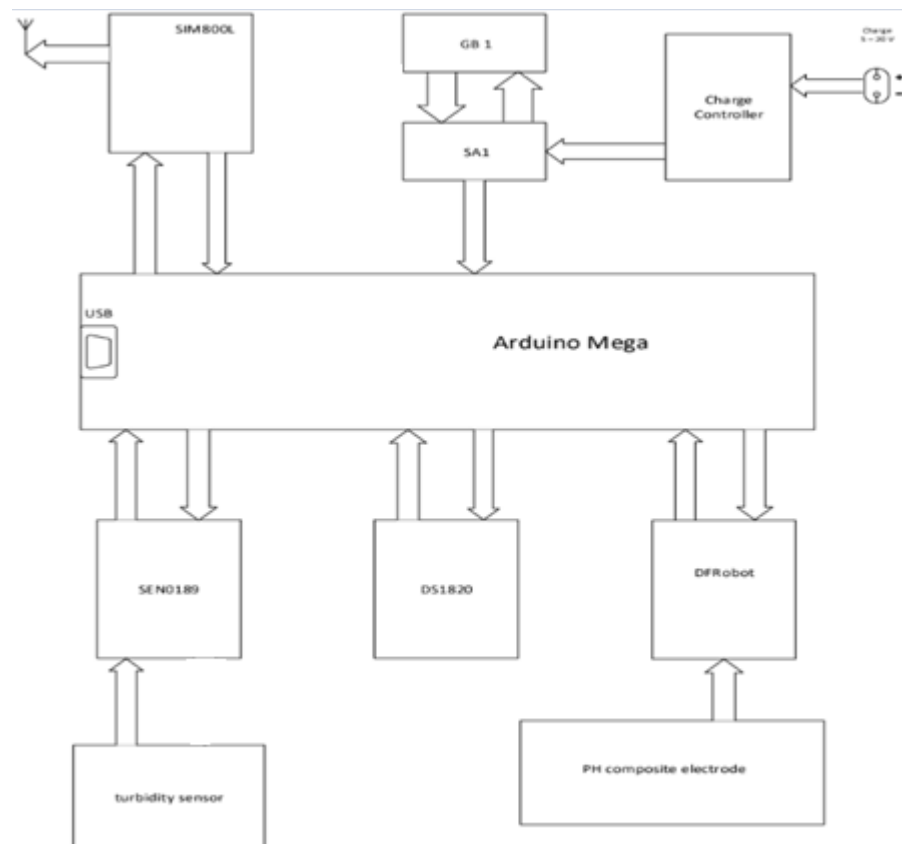


Рисунок 3.19 – Структурна схема пристрою

За цією схемою видно, що струм потрапляє не відразу до акумуляторів для заряджання, а через контролер заряду. Він обмежує та захищає від високого значення поданої напруги до батареї. З акумуляторів струм йде безпосередньо до Arduino. Перетворювачі датчиків можуть як отримувати так і відсилати інформацію.

У пристрої використовується зарядний пристрій для акумуляторів, з можливістю живити їх від 5 до 20 В. Пристрій під'єднується до роз'єму, а струм від роз'єму йде відразу до контролера заряду. Контролер заряду – DC-DC перетворювач, він має потенціометр який обмежує пропускну напругу, що йде до тумблеру та літійонових батарей. Тумблер має три робочі режими: центральний – вимкнений, та один на зарядку батареї, другий на роботу пристрою від батареї. Коли заряджаються батареї – пристрій не працює. Також до тумблеру під'єднаний двокольоровий світлодіод. Який сигналізу у якому режимі цей пристрій працює.

Живлення від батареї (7-8.4 В) йде безпосередньо до входу Vin Arduino. Цей вихід сполучений із стабілізатором напруги контролеру та робить необхідні для роботи 5 В. Стабілізатор напруги контролеру живить датчики з їх перетворювачами а також GSM модуль. Слід зауважити що земля у всьому пристрої повинна бути одна.

У пристрої використовуються два резистори: один на світлодіоді номіналом 1 кОм, другий 4.7 кОм на підключенні датчика температури до цифрового входу Arduino – підтягуючий резистор між data та силовим дротом.

За даними особливостями можемо зібрати принципову схему приладу (Додаток Г). На схемі позначені підключення до виводів Arduino, а також номінали радіоелементів.

Також є можливість живити пристрій через USB Type B від комп'ютера. Це дуже зручно, коли необхідно щось змінити в прошивці та швидко перевірити. Також по цьому дроту можна працювати через режим монітору порта – дані не відправляються на мобільний, а виводяться на дисплей.

Далі пристрій можна зібрати в герметичний корпус (рисунок 3.20) та за цією схемою спаяти. У корпусі слід закріпити макетну плату, на якій будуть кріпитися контролер, модулі, елементи живлення. Розташувавши компактніше елементи, слід відмічати отвори під елементи живлення та датчики. Отвори датчиків слід робити герметично. Розмістивши елементи в корпусі слід переходити до розпаювання елементів (рисунок 3.21).



Рисунок 3.20 – Пристрій в корпусі: а) вид знизу; б) вид зверху; в) збоку

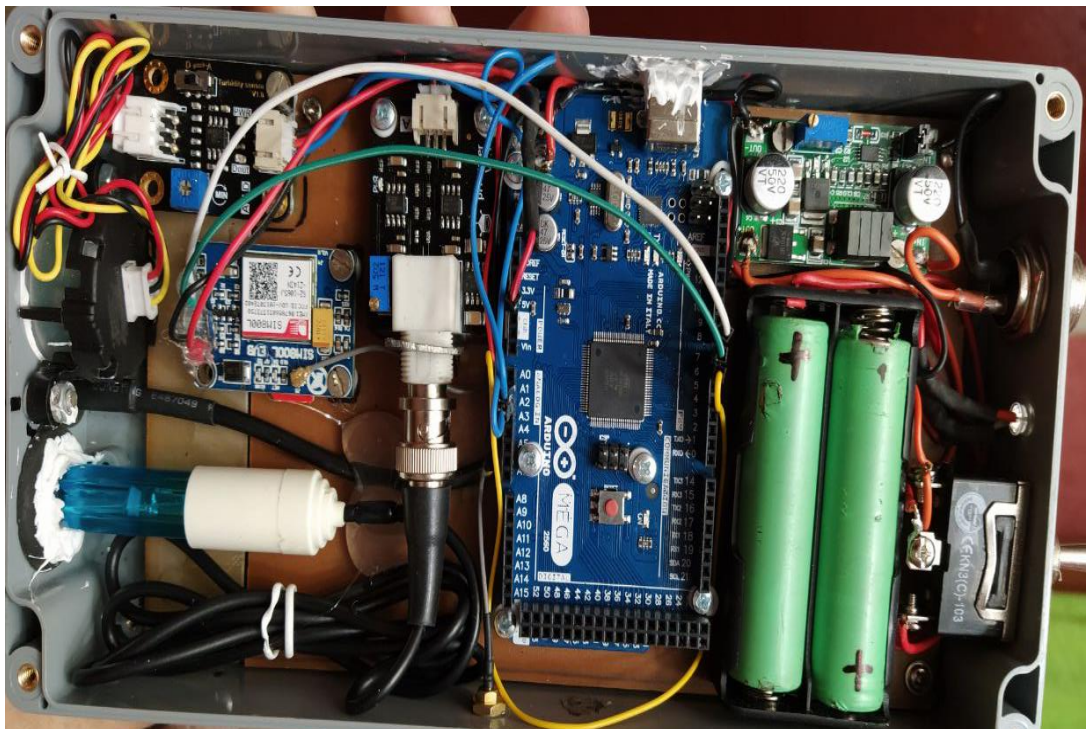


Рисунок 3.21 – Розпайка пристрою всередині

3.5 Інструкція по застосуванню

Перш за все слід зарядити акумулятори, за допомогою зарядного пристрою. Для цього ввімкнути блок живлення у роз'єм та тумблер здвинути вправо – запалиться червоний світлодіод. Заряд займає до трьох годин.

Після заряду слід під'єднати до GSM модуля SIM карту, яка зможе відсилати SMS – на ній повинно бути достатньо коштів. Також слід прошити в прошивці свій номер та за допомогою дистильованої води відкалібрувати прилад. Також слід вказати оптимальну для використання затримку між циклами роботи.

Для вимірювання слід відкрутити захисний футляр з датчика рН і помістити прилад датчиками у рідину. Далі слід здвинути тумблер вліво – засвітиться зелений світлодіод.

.Прилад робить вимірювання в рідинах температурою до 60 °С – це обумовлено умовами використання датчика рН. Після включення деякий час прилад збирає інформацію, налаштовує зв'язок та передає SMS повідомлення. Поки прилад не отримує інформацію та не відсилає її – він не витрачає багато енергії.

Після закінчення вимірювань слід вимкнути прилад, електрод датчика рН промити водою та помістити у захисний футляр.

Не слід торкатися руками до скляної кульки датчика рН, та повністю занурювати прилад у воду.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РІДИН

Розробивши пристрій, слід проаналізувати залежності показників між рідинами. Пристрій слід відкалібрувати на дистильованій воді, та промивати водою після вимірювання.

У досліджуватися будуть такі рідини як: лимонний сік, апельсиновий сік, напій «Coca-cola», дистильована вода, вода водопроводна.

Слід дослідити:

- показники рідин;
- залежність зміни мутності від температури;
- залежність зміни рН від температури;
- залежність мутності від часу для Ph при сталій температурі.

Наберемо кожен рідину у склянку одного об'єму, та за допомогою приладу виміряємо показники (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Вимір показників

	Апельсиновий сік	Лимонний сік	Coca- Cola	Дистильована вода	Водопроводна вода
pH	4.1	2.30	3.13	6.98	7.17
t, °C	22.3	22.6	22.1	21.2	16.3
turb.	4	4	3	8	8

Температура водопроводної води при вимірюваннях трохи зростає – це пов'язано з тим, що температура на датчику кімнатна. Температури окрім водопроводної води видають значення кімнатної температури, за якої були куплені.

За таблицею видно що мутність дистильованої та водопроводної води у нормі, тоді як кока-кола – наймутніша. Тобто при проходженні пучка світла через напій, він найбільше заламується. Мутність соку трохи краща,

але теж не на рівні води.

Рівень рН водопроводної води трохи більший від дистильованої – це пов'язано з наявністю мінералів, карбонатів та солей, проте у нормі 6.5 -8.5. Лимонний сік обладає найнижчим показником кислотності, тому найкраще характеризує її – він містить 5-6% лимонної кислоти. Лимонний сік добре підходить для нормалізації кислотно-лужного балансу в організмі при зниженій кислотності. Кислотність напою та апельсинового соку трохи вища.

Нагріємо воду та проаналізуємо залежність показників від температури (таблиця 4.2). Побудуємо графіки залежності (рисунок 4.1).

Таблиця 4.2 – Залежність мутності та кислотності води від температури

t, °C	Turbidity	pH
16.3	8	7.17
49.13	7	6.78
32.25	8	7.03
35.12	7	6.94

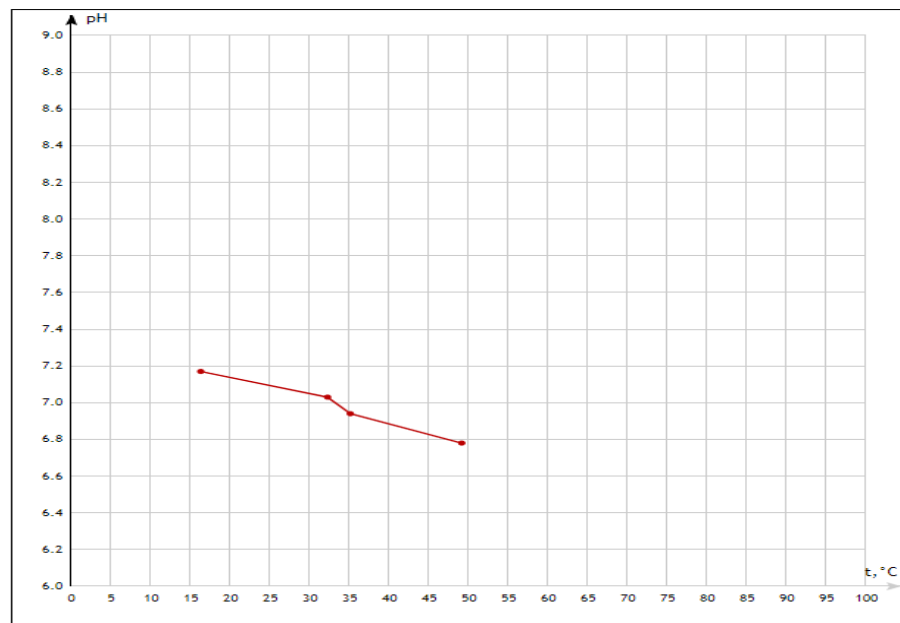


Рисунок 4.1 – Графік залежності рН води від температури

За таблицею залежність мутності від температури є, але незначна. Вода залишається бути чистою. При збільшенні температури води мутність її – збільшується, це пов'язано з Броунівським рухом. При збільшенні температури швидкість руху частинок збільшується, а від цього світловий пучок більше заламується.

З рисунку 4.1 можна зрозуміти, що при збільшенні температури води – водневий показник зменшується. Вплив температури на значення рН обумовлений різною дисоціацією іонів водню (H^+).

Цікаво дослідити залежність мутності від часу при сталій температурі для рідин. Для дослідження використовується вода водопроводна та напій «Coca-cola». Вимірювання проходило впродовж п'яти днів при сталій кімнатній температурі та бралася оцінка середня за три експерименти. Показники вимірювання занесені до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Залежність показників мутності води та напою від часу

Turbidity	Водопроводна вода			avg	avg	Coca-cola		
1 день	8	8	8	8	3	3	3	3
2 день	8	7	7	7	4	4	4	4
3 день	7	7	7	7	4	4	4	4
4 день	8	8	8	8	4	4	4	4
5 день	8	8	8	8	4	4	4	4

Цікаво, що мутність води на другий день трохи збільшилася, але через деякий час вона знов зменшилася до свого рівня. При цьому у напої мутність зменшилася на другий день. Для правильності експерименту дослідження слід проводити впродовж великої кількості днів.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дослідницької роботи була розглянута проблематика, види та особливості забруднення водних ресурсів.

Були розглянуті параметри які впливають на чистоту води та методи їх визначення. Проведено аналіз готових системних рішень дослідження води а також розроблена своя система.

Система відповідає усім необхідним вимогам, щоб точно вимірювати і передавати інформацію до користувача. При цьому економічна складова її відразу виділяє серед аналогів, бо вона значно дешевша.

Серед переваг такої системи слід віднести:

- а) можливість аналізувати дані віддалено;
- б) зручний інтерфейс;
- в) точність вимірювання;
- г) можливість налаштування та калібрування датчиків під себе;
- д) є можливість додати інші датчики;
- є) ціна.

Недоліки полягають у тому, що:

- а) час від часу слід заряджати батареї;
- б) слід платити за користування послугами передачі даних.

Система може застосовуватися при аналізі води, харчових продуктів та на виробництві, при здійсненні контролю технологічних процесів. Можна проводити лабораторні вимірювання в різних галузях. Цю систему можна використовувати у побуті для контролю води у басейні, акваріумі, екологічних проб.

Для реалізації було обрано використовувати платформу Arduino з набором необхідних датчиків, а також GSM модуль для передачі даних. Проаналізовані їх параметри а також переваги над аналогами. Розроблено програмне забезпечення в Arduino.IDE для прошивки мікроконтролеру цієї

системи. Була розроблена електрична схема для коректної роботи системи за якою було зібрано і герметичний функціонуючий пристрій.

За допомогою пристрою було проведено дослідження показників різноманітних рідин, проаналізовано як змінюються показники температури, мутності та кислотності у воді.

Було досліджено:

- залежність зміни мутності від температури;
- залежність зміни рН від температури;
- залежність мутності від часу для рН при сталій температурі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Хільчевський В.К., Ободовський О.Г. Загальна гідрологія: Підручник // К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти: Підручник // К.: ВПЦ "Київський університет", 1999. – 319 с.
3. Мягченко О.П. Основи екології. Підручник. // К.: Центр учбової літератури, 2010. – 312 с.
4. The World Environment, 1972–1992 // London: Chapman and Hall, 1992. 884 p.
5. Liebscher H.-L. Conflict over water – can hydrology contribute anything toward their solution? // IASH Publ. № 286. 2004. P. 238–245.
6. Самбурский Г.А., Пестов С.М. Технологические и организационные аспекты процессов получения воды питьевого качества. Издательские решения, 2017. – 114 с.
7. ДСТУ ISO 7027:2003. Якість води. Визначання каламутності (ISO 7027:1999, IDT).
8. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – вид. 6-е, перераб. и доп изд. – М.: Химия, 1989.
9. Бейтс Р. Определение рН. Теория и практика / пер. с англ. под ред. акад. Б. П. Никольского и проф. М. М. Шульца. – 2 изд. – Л.: Химия, 1972.
10. Шульц М.М. Исследование натриевой функции стеклянных электродов. Учёные записки ЛГУ № 169. Серия химических наук № 13. 1953. – 80 с.
11. Матюшин А.О. Программирование микроконтроллеров: Стратегия и тактика / А.О. Матюшин. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 356 с.
12. Бітченко О.М. Електроніка і мікросхемотехніка. Проектування і програмування мікропроцесорних пристроїв: підручник / О.М. Бітченко,

О.И. Цопа, Д.Г. Ганшин. – Х.: ФінарТ, 2016. – 354 с.

13. Blum J. Exploring Arduino / J. Blum. – Wiley, 2013. – 384 с.
14. Arduino Education [Электронный ресурс] / arduino.cc. – Режим доступа: [www / URL: https://www.arduino.cc/en/Main/Education/](http://www.arduino.cc/en/Main/Education/) – 13.05.2018г. – Загл. с экрана.
15. ХуXEL U-336E User's Manual. Version 1.0 – 1997. – 13 с.
16. Arduino Mega 2560 [Электронный ресурс] / Arduino – Режим доступа: [www / URL: https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560](https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560) – 10.12.2019 г. – Загол. з екрану.
17. SIM800L V2.0 5V Wireless GSM GPRS MODULE Quad-Band MOD31 [Электронный ресурс] / faranux.com/product – Режим доступа: [www / URL: https://www.faranux.com/product/sim800l-v2-0-5v-wirelessgsm-gprs-module-quad-band/](https://www.faranux.com/product/sim800l-v2-0-5v-wirelessgsm-gprs-module-quad-band/) – 19.12.2019г. – Загол. з екрану.
18. Arduino Mega 2560 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / alldatasheet – Режим доступа: [www / URL: https://www.alldatasheet.com/datasheet/ATMEL/MEGA2560.html](https://www.alldatasheet.com/datasheet/ATMEL/MEGA2560.html) – 19.12.2019р. – Загол. з екрану.
19. SEN0161 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / DFRobot – Режим доступа: [www / URL: https://www.arrow.com/en/products/sen0161/dfrobot](https://www.arrow.com/en/products/sen0161/dfrobot) – 19.12.2019р. – Загол. з екрану.
20. SEN0189 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / DFRobot – Режим доступа: [www / URL: https://www.arrow.com/en/products/sen0189/dfrobot](https://www.arrow.com/en/products/sen0189/dfrobot) – 19.12.2019р. – Загол. з екрану.
21. DS18B20 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / DALLAS – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/227472/DALLAS/DS18B20.html> – 19.12.2019р. – Загол. з екрану.