

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Надія БУРАУ

«__» _____ 20__ р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані
технології та системи навігації і керування»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

на тему: «Автоматизована система контролю якості води»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПГ-91

Скорик Євгеній Валерійович _____

Керівник:

Доцент кафедри КІОНС, к.т.н., доцент Півторак Д.О.

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент Шевченко В.В.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма - Комп'ютерно-інтегровані технології та системи навігації і керування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Надія БУРАУ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Скорику Євгенію Валерійовичу

1. Тема проекту «Автоматизована система контролю якості води», керівник роботи Півторак Діана Олександрівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом роботи 5 червня 2023 р.
3. Вихідні дані до проекту система, що отримує дані від первинних перетворювачів про температуру, каламутність та рівень рН у рідини
4. Зміст роботи Огляд і аналіз існуючих автоматичних систем контролю якості води, розробка функціональної схеми, вибір елементної бази, розробка програмного забезпечення, розробка конструкції.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) Структурна схеми, електрична, складальне креслення та деталювання, 3D модель, презентація _____

6. Консультанти розділів проекту*

	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 3 квітня 2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд і аналіз літератури	17.04.2023 р.	
2.	Розробка структурної схеми	01.05.2023 р.	
3.	Вибір елементної бази прилади	08.05.2023 р.	
4.	Розробка програмного забезпечення	15.05.2023 р.	
5.	Створення прототипу автоматизованої системи контролю якості води. Перевірка працездатності	26.05.2023 р.	
6.	Оформлення пояснювальної записки. Підготовка до захисту	05.06.2023 р.	

Студент

Євгеній Скорик

Керівник

Діана ПІВТОРАК

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.

АНОТАЦІЯ

У даному дипломному проєкті було розроблено автоматизовану систему контролю якості води шляхом поєднання датчика кислотності, температури та каламутності.

Були розглянуті різні типи датчиків контролю якості води: температури, кислотності, каламутності, вмісту нафти у воді, провідність, вміст хлорофілу та розчиненого кисню. В роботі розроблена структурна схема макету автоматизованої системи контролю якості води, розглянуто та проведено порівняння елементів конструкції автоматизованої системи контролю якості води: датчиків, мікроконтролерів та плат. Було обґрунтовано та обрано датчики: кислотності PH0-14 probe, температури DS18B20 та каламутності TS-300B, обрано мікроконтролер Arduino та вид плати Arduino Nano. Також було розроблено програмний код у середовищі Arduino IDE для приладу та наведено схему підключення елементів. Розроблено креслення корпусу автоматизованої системи контролю якості води за допомогою програмного забезпечення SolidWorks, який в подальшому був виготовлений на 3D принтері.

Ключові слова: автоматизована система контролю якості води, Arduino, датчик кислотності, датчик каламутності, датчик температури.

ABSTRACT

In this diploma project, an automated water quality control system was developed by combining an acidity, temperature, and turbidity sensor.

Different types of water quality control sensors were considered: temperature, acidity, turbidity, oil content in water, conductivity, chlorophyll and dissolved oxygen content. In the work, the structural diagram of the layout of the automated water quality control system was developed, the design elements of the automated water quality control system were considered and compared: sensors, microcontrollers and boards. The types and models of sensors were substantiated and selected: acidity PH0-14 probe, temperature DS18B20 and turbidity TS-300B, an Arduino microcontroller and the type of Arduino Nano board were selected. Also, the program code in the Arduino IDE environment for the device was developed and the connection diagram of the elements was given. A drawing of the body of the automated water quality control system was developed using SolidWorks software, which was later produced on a 3D printer.

Keywords: automated water quality control system, Arduino, acidity sensor, turbidity sensor, temperature sensor.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1. Оглядова частина	9
1.1. Походження води	9
1.2. Вплив води на організм людини.	12
1.3. Переваги системи очищення води для різних галузей промисловості	13
1.4. Сучасні методи фільтрації води	17
1.5. Прилади для контролю якості води	24
2. Розроблення автоматизованої системи контролю якості води	36
2.1. Розроблення структурної схеми та принцип роботи	36
2.2. Вибір елементної бази для автоматизованої системи	37
2.2.1. Вибір плати Arduino	37
2.2.2. Вибір датчика кислотності	39
2.2.3. Вибір датчика температури	40
2.2.4. Вибір датчика каламутності	41
2.2.5. Опис обраної елементної бази для розроблення макету автоматизованої системи контролю якості води	43
2.3. Проектування макету автоматизованої системи контролю якості води	43
2.4. Розробка програмного коду для автоматизованої системи якості води	46
2.5. Розроблення корпусу	49
2.6. Опис конструкції автоматизованої системи контролю якості води	50
2.7. Демонстрація роботи макету автоматизованої системи контролю якості води	52
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТКИ	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ОА — оксид алюмінію.

ЛОС — леткі органічні сполуки.

pH (potential of hydrogen) — водневий показник.

NTU — нефелометричні одиниці каламутності.

GND (ground) — Земля.

VCC (Voltage common collector) — загальний колектор напруги.

РК — Розчинений кисень.

БПК — Біологічна потреба в кисні.

ПК — персональний комп'ютер.

USB (англ. Universal Serial Bus) — послідовний інтерфейс для підключення периферійних пристроїв до обчислювальної техніки.

OUT — вихід.

GPІВ — шина інтерфейсу загального призначення.

ОЗП — оперативний запам'ятовуючий пристрій.

IDE (англ. *Integrated Development Environment*) — інтегроване середовище розробки.

АСКЯВ — автоматизована система контролю якості води.

COM-порт — послідовний порт.

ВСТУП

В наш час спостерігають, що автоматизовану систему контролю якості води застосовують у все більшій кількості сфер життя, наприклад, в харчовій або косметологічній промисловостях, адже якість води напряду впливає на якість товару, який вони виробляють. Технічний прогрес у цій галузі техніки неабияк пришвидшився за останнє десятиліття, адже все частіше для виконання тих чи інших завдань робиться ставка на систему фільтрації води.

Також почали розвиватися види фільтрації та прилади, що слідкують за станом води. Раніше вода так детально не перевірялася, за хімічним, біологічним та фізичним станом. В даній роботі розглянуто деякі приклади цих видів фільтрації та контролю якості води.

Не відстає і розвиток систем контролю якості води. З'явилися датчики контролю, що можуть відслідкувати більшість показників якості води, зокрема температуру, кислотність, солоність, хімічний склад, каламутність. Завдяки чому якість води корегується, щоб була впевненість у використанні цієї води.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Походження води та оцінка якості води

Існує кілька різних типів води, які можуть задовольнити потреби громади у водопостачанні, до яких належать поверхневі та підземні води. Поверхневі води включають будь-яку прісну воду, яка надходить у водно-болотні угіддя, системи струмків та озера. З іншого боку, підземні води існують у підземних водоносних горизонтах, які розташовані під землею. Більшість ґрунтових вод утворюється в результаті танення снігу та дощу, який потрапляє в корінні породи через навколишній ґрунт. Коли ця вода тече вниз, вона осідає між порожнинами та тріщинами, які знаходяться в шарах гірських порід.

Більшість підземних вод, що містяться в землі, розташовані в межах 0.7 км або менше від поверхні. Як тільки вода досягне водонепроникного шару землі, вода збирається і починає текти вгору. Коли підземні води накопичуються, вони можуть з'являтися на поверхні у вигляді озер і джерел, що живляться підземними водами.

Незважаючи на те, що поверхнева вода має багато корисних застосувань, підземні водоносні горизонти здатні забезпечити більшу частину питної води. Щоб зрозуміти, як можна використовувати ці типи води, важливо звернути увагу на численні відмінності між підземними та поверхневими водами.

Основна відмінність між підземними та поверхневими водами полягає в якості води. Внаслідок випадання повітря та стоку поверхневі води можуть містити велику кількість забруднюючих речовин, а це означає, що вода потребує ретельного очищення, перш ніж її можна буде використовувати для водопостачання для громади. Зазвичай поверхневі води складаються з хімічних забруднюючих речовин, які накопичуються через стік.

Хоча підземні води зазвичай чистіші, ніж поверхневі, але вони все одно можуть містити різноманітні забруднювачі. Ці забруднювачі збираються через просочування ґрунту. З іншого боку, шари осаду, розташовані нижче рівня

грунтових вод, можуть фільтрувати воду природним шляхом, щоб видалити принаймні частину забруднень. Оскільки в підземних водах менше забруднюючих речовин, цей тип води потребує менше обробки перед використанням в якості питної води [1].

Якість води природних джерел залежить від наявності різноманітних мікроорганізмів, неорганічних і органічних, які характеризуються фізичними, хімічними, бактеріологічними та біологічними показниками.

Якість води — сукупність хімічного, біологічного складу та фізичних властивостей водної маси, що визначають її придатність для певних видів використання. Якість води є однією з найважливіших характеристик водних ресурсів, яка визначає раціональне використання водних ресурсів і можливість запобігання забрудненню та виснаженню. Якість води - ступінь, до якої показники якості води відповідають потребам людини та/або технічним вимогам (включаючи зрошення). У деяких випадках технічні вимоги до якості води можуть бути суворішими, ніж до якості питної води. Оскільки єдиного показника, який би охоплював всю комплексну характеристику водного об'єкта, не існує, оцінка якості води здійснюється на основі системи показників. Ці показники поділяються на фізичні (гідрологічні), бактеріологічні, гідробіологічні та хімічні (гідрохімічні). Приклад визначення наведено на рис. 1.1 [2].

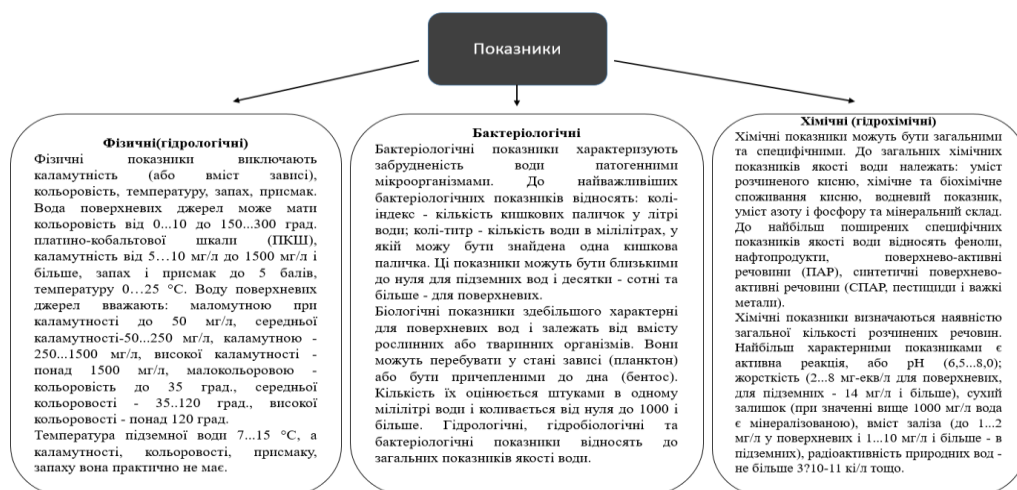


Рис.1.1 Приклад розподілу за показниками

Нормативи якості питної води в Україні наведені в табл.1.1 [3].

Таблиця 1.1

Нормативи якості питної води в Україні

Показники	Одиниця вимірювання	Норма
1	2	3
Водневий показник		6-9
Загальна мінералізація	мг/л	1000(1500)
Жорсткість(твердість) загальна	мг/л	7.0(10)
Окиснюваність перманганатна	мг/л	5.0
Лужність	мг/л	-
Сульфати	мг/л	250.0
Хлориди	мг/л	350
Нітрати	мг/л	45
Нітрити	мг/л	3.0
Азот амонійний	мг/л	2.0
Хром(Cr^3)	мг/л	0.5
Хром(Cr^5)	мг/л	0.05
Марганець	мг/л	0.1(0.5)
Алюміній	мг/л	0.5
Залізо	мг/л	0.3(1.0)
Мідь	мг/л	1.0
Цинк	мг/л	5.0
Нікель	мг/л	0.1
Молібден	мг/л	0.25
Миш'як	мг/л	0.05
Ртуть	мг/л	0.0005
Свинець	мг/л	0.03

1	2	3
Стронцій	мг/л	7.0
Ціаніди	мг/л	0.035
Нафтопродукти, сумарно	мг/л	0.1
ПАР(поверхнево- активні речовини) аніонні	мг/л	0.5
Фенольний індекс	мг/л	0.25

1.2 Вплив води на організм людини

Забруднена вода та погані санітарні умови пов'язані з передачею таких захворювань, як холера, діарея, дизентерія, гепатит А, черевний тиф та поліомієліт. У всьому світі у 15% пацієнтів розвивається інфекція під час перебування в лікарні, причому ця частка набагато більша в країнах з низьким рівнем доходу.

Природна присутність хімічних речовин, зокрема в ґрунтових водах, також може мати значення для здоров'я, включаючи миш'як і фторид, тоді як інші хімічні речовини, такі як свинець, можуть бути підвищені в питній воді в результаті вимивання з компонентів водопостачання, які контактують з питною водою.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я близько 829 000 людей помирають щороку від діареї внаслідок неякісної питної води, санітарії та гігієни рук. Проте діареї можна значною мірою запобігти, і смертей 297 000 дітей віком до 5 років можна було б уникнути щороку, якби ці фактори ризику були розглянуті. Там, де вода недоступна, люди можуть вирішити, що миття рук не є пріоритетом, що збільшує ймовірність діареї та інших захворювань [4].

Діарея є найпоширенішою хворобою, пов'язаною із зараженою їжею та водою, але є й інші небезпеки. За оцінками Всесвітньої організації охорони

здоров'я у 2017 році понад 220 мільйонів людей потребували профілактичного лікування шистосомозу – гострого та хронічного захворювання, спричиненого паразитичними черв'яками, які заразилися під час контакту з інфікованою водою [4]. У багатьох частинах світу комахи, які живуть або розмножуються у воді, переносять таку хворобу, як лихоманка Денге. Деякі з цих комах, розмножуються в чистій, а не в брудній воді, а місцем розмноження можуть служити ємності для домашньої питної води [4].

Для покращення якості води необхідно встановлювати системи очищення води, щоб знизити ризик потрапляння в організм різних бактерій або хімічних речовин.

1.3 Застосування систем очищення води в різних галузях промисловості

Фільтрація води — це процес видалення або зменшення концентрації твердих частинок, у тому числі зважених часток, паразитів, бактерій, водоростей, вірусів і грибків, а також інших небажаних хімічних і біологічних забруднень із забрудненої води для отримання безпечної та чистої води для спеціального призначення, наприклад, для пиття, медицини та фармацевтики [5].

1.3.1. Харчова промисловість

Коли обладнання або машини, що використовують воду, з часом утворюється накип (мінеральні відкладення), що може призвести до поломки обладнання або навіть забруднення їжі чи напоїв, які обробляються. Використання систем фільтрації води на харчовому обладнанні допоможе запобігти утворенню накипу, оскільки вона фільтрує воду, яка використовується в обладнанні.

Фільтрація води видаляє з води осад, хімічні речовини, мінерали та органічні речовини, покращуючи смак і запах і безпечно усуваючи

забруднення, які можуть бути небезпечними для людей, які споживатимуть продукти, що переробляються.

В промисловості харчових продуктів і напоїв існують стандарти та правила, яким мають відповідати процеси виробництва їжі та напоїв. Найбільша відповідальність за це часто лежить на машинах або обладнанні, які використовуються в процесах.

Незважаючи на те, що кожен процес відрізняється залежно від обладнання, яке використовується, загалом є три сфери процесу виробництва продуктів харчування та напоїв, де фільтрація має вирішальне значення [6]:

1. Попередня фільтрація: у зонах об'єкта, де вода, повітря чи джерела пари спочатку надходять або генеруються.
2. Проміжна фільтрація: під час процесу, коли вода, повітря та пара проходять через труби або інше обладнання перед прямим контактом з харчовими продуктами або поверхнею, з якою вони контактують.
3. Остаточна фільтрація: наприкінці обробки, де є остання можливість усунути залишкові забруднення.

1.3.2. Косметика, засоби для догляду за шкірою

Регулювання косметичних продуктів відіграє значну роль у тому, як регулюється виробнича вода для косметики. Косметика вважається фальсифікованою, якщо вона містить будь-яку отруйну або шкідливу речовину, яка може завдати шкоди користувачам за умов використання, як зазначено на маркуванні.

Через те, що косметична промисловість настільки легко регулюється, вимога щодо відсутності фальсифікації косметики впливає на якість води, яка використовується у виробництві косметики, оскільки вода не повинна містити хімічних забруднювачів або мікробіологічних організмів, які за наявності могли б зробити продукт фальсифікованим.

Існують різні типи (ступені чистоти) води, які використовуються в косметичній промисловості. Огляд промисловості показує, що деякі

виробники косметики продовжують використовувати питну (муніципальну) воду для виробництва продукції, хоча ця практика скорочується. Питна вода не відповідає вимогам до очищеної води, оскільки вона зазвичай перевищує вимоги щодо загального органічного вуглецю і провідності, а також часто спостерігаються сезонні коливання росту мікробів. Залежно від джерела, деяка питна вода може також містити високі рівні мінералів (наприклад, заліза, кальцію та магнію), іонних сполук (наприклад, сульфатів, фосфатів і нітратів) та інших «реактивних» сполук, які можуть негативно вплинути на колір і запах або навіть в'язкість продукту, в якому він використовується на протилежному кінці спектра.

Незважаючи на те, що чистота води, яка використовується у виробництві косметики, не визначена нормативними актами, багато виробників косметики тепер зобов'язалися використовувати очищену воду.

Багато виробників косметики також виробляють без рецептурні препарати, такі як сонцезахисні креми на своїх підприємствах. Оскільки лікарські засоби повинні виготовлятися з використанням очищеної води, ця практика переноситься на виробництво косметичних продуктів. Це дозволяє уникнути плутанини на виробництві щодо того, який тип води використовувати для кожного продукту.

Виробництво косметичних продуктів з використанням очищеної води носить за собою досить важливий вплив на якість готового товару оскільки це усуває можливе джерело хімічних забруднювачів і мікробіологічних організмів у їхніх продуктах, які могли б зробити їх фальсифікованими. Це також усуває джерело мінералів, іонних та реактивних сполук, які можуть змінити фізичні властивості продукту. Це знижує ризик відхилення партій, відкликання продукції та невдоволення споживачів, що може вплинути на «підсумок» будь-якої організації.

Оскільки майже всі користувачі очищеної води мають систему очищення води, яка встановлена на їхній ділянці, проектування, моніторинг і обслуговування системи є критично важливими. Важливо розуміти, що вода

та будь-яка система очищення, яка використовується для виробництва очищеної води, забезпечує чудове середовище для росту мікробів. Таким чином, проектування системи очищення води є вирішальним питанням. Погано розроблена або погано контрольована система може призвести до забруднення води, яку вона виробляє [7].

1.3.3. Застосування систем очищення води в інших галузях

Фільтри також дуже часто встановлені в басейнах, акваріумах та ін. Це дає змогу слідкувати за станом води в ємкості для води не змінюючи повністю всю воду, лише відфільтрувавши дану.

Фільтри для басейну функціонують, перекачуючи воду з басейну через бар'єр, який визначається залежно від типу фільтра, який використовується. Цей фільтр затримує бруд і сміття, перш ніж випустити чисту воду назад у басейн.

Фільтри для басейну допомагають підтримувати воду чистою та безпечною для плавання. Без фільтра бруд і сміття, які потрапили у басейн, залишаються там і продовжуватимуть циркулювати. Це створює ідеальне середовище для розвитку водоростей і шкідливих бактерій. Вода у басейні не тільки може помутніти, але може викликати захворювання від купання в басейні. Ось чому важливо встановлювати фільтри для басейну та не дотриматись правил обслуговування їх. [8].

Фільтр в основному очищає воду від сміття, видаляє токсичні накопичення аміаку та нітратів і аерує воду, щоб риба могла дихати. За допомогою дуже простих акваріумів можна виловити рибу, очистити акваріум і замінити воду, але видалення риби травмує, особливо для риби, адже це призводить до нервових розладів у риби, тому щоб цього уникнути доступно багато фільтрів. Від зовнішніх до внутрішніх фільтрів існують хімічні, механічні та навіть біологічні [9]. Приклад механічного фільтра наведено на рис 1.2 [10].



Рис.1.2 Приклад механічного фільтру для води в акваріумі

1.4 Сучасні методи фільтрації води

Класифікація сучасних методів фільтрації води, зображена на рис.1.2.

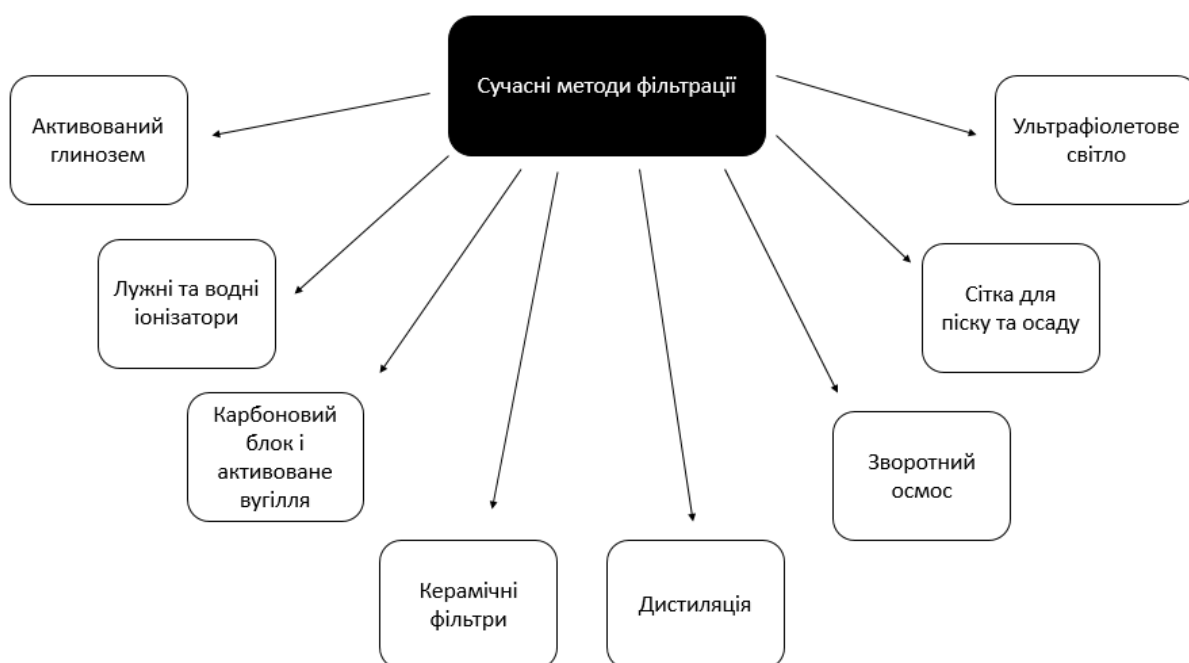


Рис.1.2 Класифікація сучасних методів фільтрації води

1.4.1. Активованій глинозем

Якщо потрібно видалити з води фтор або миш'як, найкращим фільтром буде активованій оксид алюмінію (ОА). Ця високопориста керамічна суміш представлена на рис 1.3, виготовлена з оксиду алюмінію, має високу здатність

до абсорбції, але не до поглинання. Це означає, що коли ОА втягує хімічні речовини в свою активовану пористу сферу, хімічні речовини не просто утримуються всередині пор: матеріали фактично з'єднуються.

Ця якість робить ОА економічна ефективним вибором для видалення токсинів і металів із забрудненої води без ризику витоку цих речовин назад у навколишнє середовище. Чим довше ОА контактує з водою, тим більше шкідливих хімікатів він може видалити.

Активований оксид алюмінію чудово очищає питну воду для домашнього використання, а також у промислових цілях, очисних спорудах або для очищення токсичних відходів [11].



Рис. 1.3 Вигляд гранул активованого глинозему [12]

1.4.2. Лужні та водні іонізатори

Лужна або іонізована вода визнається як одна з найздоровіших водних процедур і, забезпечує такі переваги, як покращення здоров'я кісток і травлення, зниження ризику раку та серцевих захворювань, покращення шкіри і навіть покращення гідратації та смаку.

Електрично-заряджені мінерали в іонізованій воді відокремлюють лужну воду від кислотної, що пом'якшує воду та покращує її питну якість. Важливо відзначити, що лужні іонізатори не мають хороших фільтраційних властивостей, тому вони не використовуються разом з іншими очисниками води [11].

1.4.3. Карбоновий блок і активоване вугілля

Вугільні фільтри з активованим вугіллям зазвичай використовуються в домашніх фільтрах для води, таких як ті, які розміщуються на крані, під раковиною або в глечики з водою. Фільтри з активованим вугіллям чудово притягують і абсорбують забруднюючі речовини, видаляючи їх із води. Цей матеріал не потребує електроенергії для роботи та є економічно ефективним, але йому не вистачає, коли найголовнішою метою є видалення мінералів і розчинених органічних речовин [11]. Зовнішній вигляд даного фільтру зображено на рис 1.4 [13].



Рис. 1.4 Карбоновий блок з активованим вугіллям

1.4.4. Керамічні фільтри

Маленькі пори на керамічній поверхні затримують будь-яку речовину, яка більша за самі пори, не даючи їй потрапити у воду. Це прості в установці, прості у використанні, недорогі та не потребують електроенергії фільтри. Якщо керамічний фільтр для води обробити сріблом, він також може вбивати бактерії та запобігати появі цвілі та водоростей у воді. Однак вони не можуть рухатися швидше, ніж можуть фільтрувати, і вони неефективні для відсіювання вірусів [11]. На рис.1.5 представлено керамічний фільтр [14].



Рис. 1.5 Керамічний фільтр

1.4.5. Дистиляція

Подібно до циклу осадження, дистиляція є високоефективним процесом очищення, під час якого вода кип'ятиться в пару, а потім охолоджується, щоб повернутися до рідкої форми в чистій ємності [11]. Процес вбиває бактерії та покращує смак і запах очищеної води, приклад процесу наведено на рис 1.6 [15].



Рис. 1.6 Процес дистиляції води

1.4.6. Зворотній осмос

У цьому методі вода пропускається через напівпроникну мембрану, яка пропускає воду, але не забруднюючі речовини, хімікати, метали чи паразитів, які вона може нести. Системи фільтрів зворотного осмосу дуже ефективно очищають воду від шкідливих забруднювачів.

Однак вони, як правило, дорожчі за інші типи фільтрів для води, вимагають високого тиску води для роботи та, як правило, витрачають багато води в процесі очищення, очищаючи лише невелику частину загальної кількості використаної води [11]. На рис 1.7 представлено приклад системи зворотного осмосу [16].

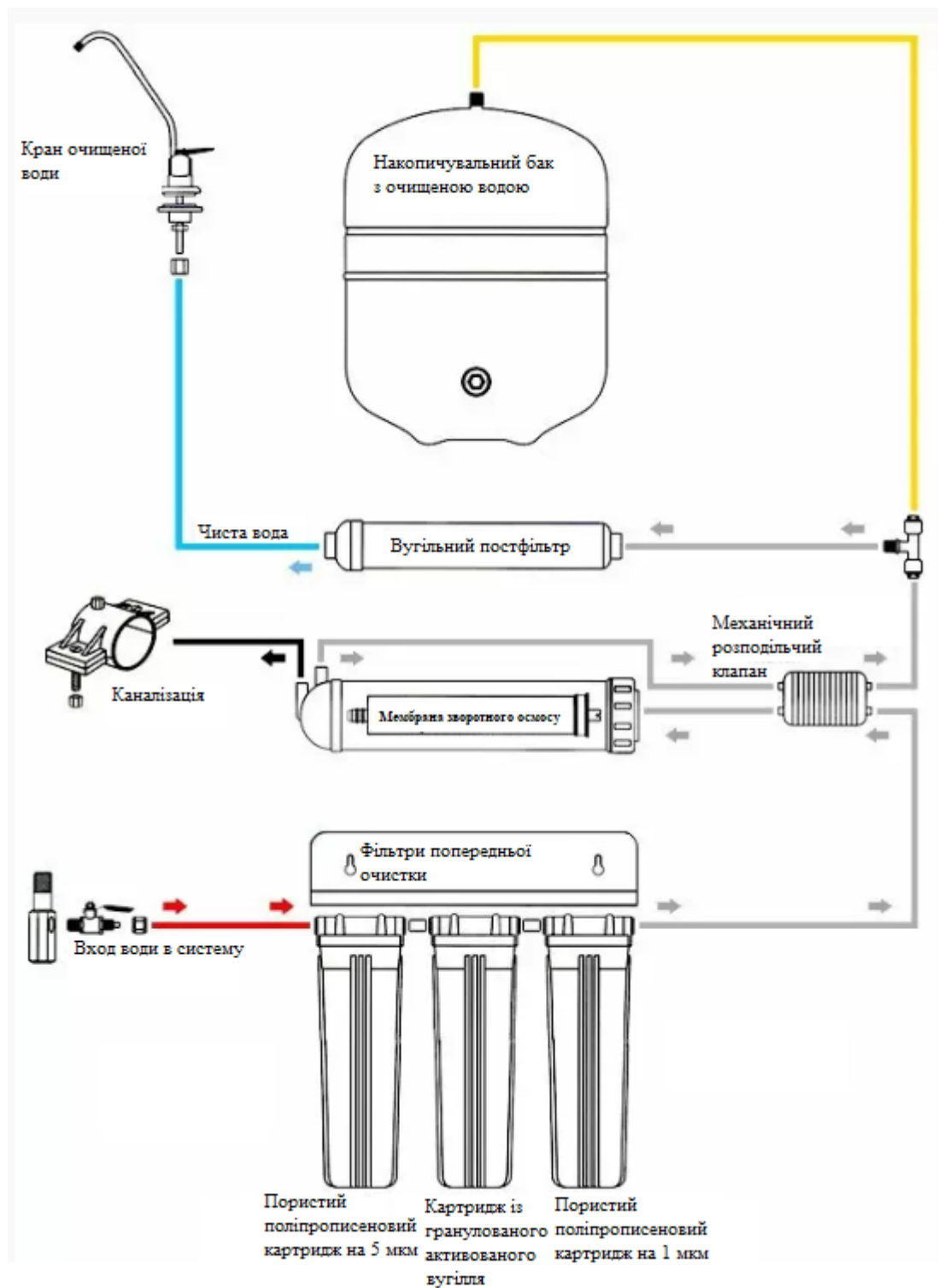


Рис 1.7 Приклад системи зворотного осмосу

Типовий фільтр на основі зворотного осмосу – це п'ятиступенева система фільтрації води. П'ятиступенева система пропускає воду через осадовий фільтр (поліпропіленовий картридж на 5 мкм), вугільний фільтр і напівпроникні додатковий вугільний фільтр для видалення будь-яких

забруднень. Деякі п'ятиступінчасті системи зворотного осмосу також додають етап ремінералізації, який повертає корисні мінерали до очищеної води.

Нижче наведено основні кроки промислової системи зворотного осмосу [17]:

Попередня фільтрація: системи зворотного осмосу мають два типи попередніх фільтрів, які відфільтровують більші частинки, такі як осад і хлор. Вода спочатку проходить через фільтр попереднього відкладення, який видаляє частки, такі як пил, бруд та іржу, на рис.1.7 дану функцію виконує пористий поліприсеновий картридж на 5 мкм. Потім він проходить через попередній фільтр з активованим вугіллям, який зв'язує та видаляє такі речовини, як хлор і леткі органічні сполуки (ЛОС), на рис.1.7 дану функцію виконують картридж із гранулованого активованого вугілля та поліприсеновий картридж на 1 мкм.

Зворотний осмос: після попередньої фільтрації відбувається головний етап зворотного осмосу. На цьому етапі насос направляє воду через напівпроникну мембрану, яка затримує дрібніші розчинені тверді частинки, які важко видалити. Цей етап зворотного осмосу часто може видалити переважну більшість розчинених твердих речовин у воді.

Дренаж: коли вода протікає через напівпроникну мембрану, наступним кроком є дренаж, який направляє видалені домішки в каналізацію. Цей крок є важливим, оскільки забруднення, які накопичуються на мембрані, можуть поставити під загрозу її ефективність. Злив зібраних домішок підтримує високу ефективність системи зворотного осмосу.

Зберігання: Останнім етапом є зберігання очищеної води до її остаточного використання. Контейнер для зберігання часто є посудиною під тиском, достатньо великою, щоб вмістити очищену воду без необхідності утворення відходів. Очищена вода також може протікати через додатковий вугільний фільтр, який може видалити будь-які сторонні домішки.

1.4.7. Сітка для піску та осаду

Сітчастий фільтр працює так само, як і друшляк: він допомагає фільтрувати великі частки бруду, глини, піску та іржі з води. Вони не можуть очистити, але вони можуть запобігти накопиченню осаду у водопровідній системі. Зовнішній вигляд даного фільтру зображено на рис. 1.8 [18].



Рис. 1.8 Приклад фільтру з сіткою для піску та осаду

1.4.8. Ультрафіолетове світло

Ультрафіолетове світло є одним із найбезпечніших і найефективніших способів усування мікроорганізмів у воді, включаючи віруси, бактерії та паразитів. Вода піддається високочастотному ультрафіолетовому випромінюванню, яке проходить через скляний елемент. Цей метод фільтрації потребує енергії та, як правило, дорожчий.

Ультрафіолетові лампи як очищувачі води найкраще працюють як останній етап у системі очищення води, коли вода максимально фільтрована; це тому, що світло не може проходити крізь неорганічні забруднення, що знижує його ефективність [11].

1.5 Прилади для контролю якості води

Прилади для контролю якості води використовуються для перевірки води на хімічні та біологічні агенти, а також для вимірювання таких змінних, як прозорість і швидкість руху. Ці прилади є стандартним інструментом, який можна використовувати для збору інформації з різних джерел води. Вони

можуть контролювати температуру води, розчинений кисень, рН, електропровідність, концентрацію азоту/фосфору, каламутність, макробезхребетних, а також рівні пестицидів і токсичних хімікатів [19].

1.5.1 Класифікація приладів для контролю якості води

Прилади для контролю якості води можна використовувати для перевірки різних умов у зразку води. Ці вимірювання включають [19]:

- **Аналізатори рівня розділу** призначені для визначення рівня розділу нафти та води. Приклад якого наведено на рис 1.9 [20].



Рис. 1.9 Приклад аналізатора рівня розділу

- **Монітори нафти у воді** призначені для вимірювання кількості нафти у воді [19], приклад якого наведено на рис 1.10 [21].
- **Прилади для вимірювання рівня рН водню (рН).** Показник рН має вирішальне значення для рослинності та життя рослин у водоймі. Він може змінюватися щодня та між сезонами через фотосинтез рослин. Забруднення з інших джерел, таких як дренаж шахти, кислотні дощі або розливи хімікатів, також можуть спричинити різкі зміни рівня рН.



Рис. 1.10 Приклад монітора рівня в нафти у воді

Прилади для контролю якості води використовують електрод із невеликим електричним струмом, який проходить через зразок води. При зануренні у воду електрод створює електричний потенціал, який пов'язаний з рН розчину. Засмічене або забруднене з'єднання є поширеним джерелом похибок вимірювань [19]. Приклад даного приладу наведено на рис 1.11 [22].



Рис. 1.11 Прилад для вимірювання рівня рН водню (рН)

- **Вольтамперометричні прилади для контролю якості води** змінюють електричний потенціал під час вимірювання результуючого струму, який можна використовувати для визначення хімічного складу провідного середовища. У пристроях використовується анодна або катодна вольтамперометрія, приклад цього приладу зображено на рис 1.12 [23].



Рис. 1.12 Вольтамперометричний прилад для контролю якості води

- **Провідність/розчинені тверді речовини** - провідність є показником здатності води проводити електричний струм. Провідність визначається температурою води та концентрацією розчинених солей або інших речовин, які можуть нести електричний заряд. Хоча не існує стандарту якості води для провідності, він може бути корисним діагностичним інструментом для інтерпретації іншої інформації про якість води. Його вимірюють за допомогою лічильника та повідомляють у одиницях, які називаються мікромгос/сантиметр (mhos/cm). Вимірювачі електропровідності відкалібровані на заводі, але їх потрібно періодично перевіряти на точність у стандартному розчині солі [19]. Приклад цього приладу зображено на рис. 1.13 [24].



Рис. 1.13 Приклад вимірювача електропровідності

- **Каламутність/завислі тверді речовини** - каламутність визначається як оптична властивість зразка, яка спричиняє розсіювання та поглинання світла. Ця якість змінюється залежно від кількості та розміру частинок, присутніх у товщі води. Каламутність порівняно легко і недорого виміряти, і вона часто є основою для стандартів якості води. Приклад води з різним рівнем каламутністю наведено на рис 1.14.



Рис 1.14 Приклад води з різною каламутністю [19]

Його можна співвіднести із завислими відкладеннями на конкретній ділянці. Каламутність може допомогти відстежувати базові тенденції, а також вплив конкретного проекту на якість води. Прилад, який вимірює

каламутність, вимірює розсіювання світла та працює краще для високої та низької каламутності [19].

- **Розчинений кисень.** Розчинений кисень (РК) означає кількість кисню у воді при певній температурі та заданому атмосферному тиску. Оскільки РК має вирішальне значення для всього біологічного співтовариства, це один із основних параметрів, який використовується для вимірювання якості води. РК зазвичай вимірюється в частках на мільйон (ppm). Вода зазвичай може утримувати більше розчиненого кисню за нижчих температур, ніж за високих. Існує кілька методів, які можна використовувати для вимірювання РК у зразку води. Хоча можна використовувати вимірювачі РК, найточніші вимірювання можна отримати за допомогою методу титрування Вінклера. Час взяття зразка є важливим фактором при перевірці рівня розчиненого кисню [19].



Рис. 1.15 Приклад вимірювача розчиненого кисню [25]

- **Біологічна потреба в кисні (БПК)** може бути змінена через значне надходження органічних матеріалів та інших джерел кисню, які відбуваються в певний час доби. БПК – це показник кількості кисню, який

споживається в біологічному процесі, який розщеплює органічні речовини у воді. Чим більше БПК, тим менше кисню доступно для інших біологічних цілей. Вигляд даного приладу наведено на рис 1.16 [19].



Рис 1.16 Приклад приладу для зняття кількості БПК

- **Розчинений вуглекислий газ** - вуглекислий газ є кислотою, яка може впливати на рівень рН у зразку води. Рівень розчиненого вуглекислого газу зазвичай змінюється протягом дня, оскільки всі водні організми виробляють вуглекислий газ шляхом нормального метаболізму їжі. Рівень вуглекислого газу найнижчий перед сходом сонця і найвищий вночі.

На рис.1.17 наведено зовнішній вигляд приладу для підрахунку кількості розчиненого вуглекислого газу [26].

- **Хлорофіл/пігменти водоростей** - хлорофіл є зеленим пігментом рослин, який забезпечує більшу частину кольору рослини та підтримує процес фотосинтезу. Хлорофіл міститься в цитоплазмі синьо-зелених водоростей і хлоропластах рослинних клітин. Як правило, хлорофіл переважає над іншими фотосинтетичними пігментами, і тому він дуже важливий для захоплення сонячної енергії для процесів росту водоростей. Хлорофіл поглинає світло з червоної та синьої областей світлового спектру. Оскільки зелене світло відбивається, а не поглинається, хлорофіл надає рослинам характерний зелений колір [19].



Рис 1.17 Приклад приладу для підрахунку кількості розчиненого вуглекислого газу

На рис.1.18 наведено зовнішній вигляд приладу для зняття кількості хлорофілу [27].



Рис 1.18 Приклад приладу для підрахунку кількості хлорофілу[27]

1.5.2 Технічні характеристики

Прилади для контролю якості води відрізняються форм-фактором або стилем монтажу, інтерфейсом користувача та параметрами виведення інформації.

Вибираючи прилад для контролю якості води, важливо враховувати спосіб монтажу. Спосіб монтажу повинен відповідати передбачуваним вимогам застосування [19].

- **Ручні, портативні або модульні** пристрої призначені для роботи, якщо їх тримати в руках. Цей спосіб кріплення найкраще використовувати для невеликих зразків і забезпечує зручну транспортну здатність.

На рис.1.19 зображено приклад ручного приладу [28].



Рис 1.19 Приклад ручного приладу

- **Лабораторні або настільні** моделі призначені для розміщення на столі або столі в лабораторії. Вони не підходять для польового використання, але краще підходять для більших зразків.

На рис.1.20 зображено приклад лабораторного приладу [29].



Рис 1.20 Приклад лабораторного приладу

- **Використання на місці/польових умовах** розроблено для використання поза лабораторією. Зазвичай вони мають більш міцну конструкцію та можуть працювати з різними середовищами та місцевістю.

На рис.1.21 зображено приклад приладу для використання на місцевості [30].



Рис 1.21 Приклад приладу для використання на місцевості

- **Прилади для контролю якості води, встановлені на панелі,** прикріплені до панелі, часто разом з іншим обладнанням для тестування.

Як і інші типи приладів, вони можуть включати:

- Дисплей.

- Аналоговий лічильник.
- Цифровий дисплей.
- Відео дисплей.
- Елементи керування.
- Ручне керування.
- Цифрова панель.
- Інтерфейс комп'ютера.

Варіанти виходу інструментів для контролю якості води включають [19]:

- **Аналогові напруги** - вихід аналогової напруги. Це проста, як правило, лінійна функція вимірювання.
- **Аналогові струми**. Вихідний сигнал – це аналоговий струм, який накладається на вихідну схему пропорційно вимірюванню. Зворотний зв'язок забезпечує відповідний струм, незалежно від таких змінних, як шум лінії та імпеданс. Аналогові струмові виходи або передавачі часто використовуються для надсилення сигналів на великі відстані. Рекомендується для програм, які надсилають сигнали на великі відстані.
- **Аналогові частоти**. Вихід є аналоговою частотою, форматом, який передає інформацію з безперервними фізичними змінними, такими як амплітуда напруги або коливання частоти.
- **Перемикачі або реле сигналізації** - Вихід - це зміна стану перемикача або сигналізації.

Існує два основних варіанти інтерфейсу для приладів для перевірки якості води: послідовний і паралельний. Послідовні пристрої використовують стандартний послідовний протокол зв'язку, наприклад, RS232, RS422, RS485 або універсальну послідовну шину (USB). Паралельні пристрої використовують стандартний протокол паралельного зв'язку, такий як шина інтерфейсу загального призначення (GPIB) [19].

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДИ

2.1 Розроблення структурної схеми автоматизованої системи контролю якості води

Автоматизована система контролю якості води складається з датчика кислотності, датчика температури, датчика каламутності та мікроконтролера Arduino. Структурна схема зображена на рис.2.1.



Рис 2.1 Структурна схема системи автоматизованої системи контролю якості води

Принцип дії такої системи (рис.2.1) полягає в тому, що головним елементом в структурній схемі є мікроконтролер, який обробляє інформацію. До мікроконтролера приєднуються датчик кислотності, датчик температури та датчик каламутності. Живлення забезпечується за допомогою кабелю від персонального комп'ютера (ПК). Для запису програмного коду на мікроконтролер використовується комп'ютер (ПК), де за допомогою USB порту можна під'єднати мікроконтролер до ПК.

2.2 Вибір елементної бази для автоматизованої системи контролю якості води

Для розроблення макету автоматизованої системи контролю якості води необхідно обґрунтувати вибір елементної бази, яка буде відповідати наступним вимогам:

- датчики мають бути герметичними;
- датчики мають бути не дорогими та доступними;
- датчики повинні мати невеликі габаритні розміри;
- датчики мають задовольняти вимогам точності $\pm 0,1$ та проміжкам вимірів приблизно від -30°C до $+40^{\circ}\text{C}$ для вимірів температури.

2.2.1 Вибір плати Arduino

В роботі було розглянуто декілька плат мікроконтролерів та порівняно їх характеристики, а саме: Arduino Nano, Arduino Uno та Arduino Mega 2560. Характеристики плат наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристики плат Arduino

	Arduino Nano[31]	Arduino Uno[32]	Arduino Mega 2560[33]
Цифрові Входи/Виходи	14	14	54
Аналогові входи	8	6	16
Флеш-пам'ять	16 KB	32 KB	256 KB
ОЗУ	1 KB	2 KB	8 KB
Ціна	133 грн.	178 грн.	382 грн.

Аналізуючи характеристики плат, які наведено у табл. 2.1 було обрано Arduino Nano. Плата має 14 цифрових та 8 аналогових входів для підключення всіх компонентів системи флеш-пам'яті та ОЗП (оперативний запам'ятовуючий пристрій) для запису програмного коду. В платах Arduino

Uno та Arduino Mega 2560 буде більше вільної пам'яті, ніж потребує розроблювальний макет автоматизованої системи контролю якості води

Arduino Nano - невелика плата, сумісна з макетними платами, яка побудована на мікроконтролері ATmega328. Вона в основному збігається за функціональністю з Arduino Duemilanove/Uno, але має інший форм-фактор. Arduino Nano не вистачає тільки роз'єму живлення і замість стандартного, використовує Mini-B USB кабель. Arduino Nano може житись від Mini-B USB роз'єму або зовнішнього джерела живлення 6-12В (пін "Vin") або 5В стабільного зовнішнього живлення (пін "5V"). Живлення автоматично перемикається на джерело з більш високою напругою. Зовнішній вигляд плати Arduino Nano наведено на рис.2.2 [31].

Основні характеристики плати Arduino Nano [31]:

- Мікроконтролер: ATmega328P.
- Тип корпусу: TQFP-32.
- Робоча напруга: 5В.
- Вхідна напруга (рекомендована): 7-12В.
- Цифрових входів / виходів: 14 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.



Рис. 2.2 Зовнішній вигляд плати Arduino Nano

2.2.2 Вибір датчика кислотності

В роботі розглянуто декілька датчиків кислотності та порівняно їх характеристики, а саме: Benetech GM760, PH0-14 probe та Sungen. Характеристики датчиків наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристики датчиків кислотності

	Benetech GM760[34]	PH0-14 probe[35]	Sungen[36]
Максимальна робоча температура	60°C	80°C	60°C
Діапазон виміру кислотності	0-14 pH	0-14 pH	0-14 pH
Точність виміру	±0,1 pH	±0.2 pH	±0,1 pH
Ціна	1520 грн.	900 грн.	479 грн.

Серед представлених датчиків було обрано PH0-14 probe, так як він задовольняє потребу в підключенні до плати Arduino Nano. В той час як інші не задовольняють. Ціна даного датчика в порівнянні з Benetech GM760 більш доступна. Хоча дані датчики мають однакові характеристики в діапазоні вимірювання та точності. Враховуючи всі переваги датчика PH0-14 probe, його було обрано для розроблення макету.

Основні характеристики датчика PH0-14 probe [35]:

- Живлення: 5 В.
- Робочий струм: 5-10 мА.
- Діапазон визначення концентрації: PH 0-14.
- Діапазон визначення температури: 0° - 80°C.
- Час відгуку: ≤ 5 с.
- Споживана потужність: ≤ 0,5 Вт.
- Робоча температура: -10° ~ 50°.

- Робоча вологість: 95%.
- Розмір: 42 мм x 32 мм x 20 мм.
- Вага: 25 г.

На рис.2.3 наведено зовнішній вигляд датчика кислотності PH0-14 probe [35].



Рис. 2.3 Зовнішній вигляд датчика кислотності PH0-14 probe

2.2.3 Вибір датчика температури

Для проведення порівняльного аналізу існуючих датчиків температури були розглянуті датчики DS18B20, DHT22 та LM35. Характеристики датчиків наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Характеристики датчиків температури

	DS18B20 [37]	DHT22 [38]	LM35 [39]
Діапазон температур	-55 - +125°C	-40 - +80°C	0 - +100°C
Точність виміру	±0,5°C	±0,5°C	±0,5°C
Ціна	69 грн.	469 грн.	163 грн.

Серед представлених датчиків було обрано DS18B20 тому, що він має самий широкий діапазон вимірювання серед представлених датчиків виміру, найменшу ціну та забезпечує герметичність датчика. Герметичність є дуже важливою характеристикою для розроблення макету автоматизованої системи контролю якості води, так як вимірювання температури будуть проводитися саме у водному середовищі.

На рис.2.4 наведено зовнішній вигляд датчика температури DS18B20 [37].



Рис. 2.4 Зовнішній вигляд датчика температури DS18B20

2.2.4 Вибір датчика каламутності

Для проведення порівняльного аналізу існуючих датчиків були розглянуті датчики ProDSS, WQ730 та TS-300B. Характеристики датчиків наведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Характеристики датчиків

	ProDSS [40]	WQ730 [41]	TS-300B [42]
Діапазон NTU	0 - 4000 NTU	0 – 1000 NTU	0 – 1000 NTU
Температура зберігання	0 - +80°C	-10 - +50°C	-10 - +80°C
Точність виміру	±2%	±1%	±0,5%
Ціна	44701.56 грн.	60771.96 грн.	450 грн.

Для розроблення макету було обрано датчик TS-300B через зручність підключення його до плати Arduino Nano. Також головною перевагою даного датчика є його ціна, та неможливості підключення інших датчиків до розроблювального макету автоматизованої системи, адже це промислові датчики і сильно перевищують загальну собівартість інших елементів нашої системи.

Для визначення каламутності води використовується датчик TS-300B. Принцип роботи датчика: має оптичний характер, суть роботи полягає у використанні світлодіода і фототранзистора, щоб отримувати певну довжину хвилі, яка необхідна для вимірювання непрозорості (каламутності) води та інших речовин, що знаходяться у воді, а також їх концентрації.

Дія датчика заснована на реєстрації зміни інтенсивності випромінювання, що проходить через середовище, при зміні концентрації зважених частинок. Цифровий датчик каламутності включає джерело і приймач світла на основі світло- і фотодіодів, а також електронна схема з мікроконтролером, що забезпечує вимірювання фонові освітленості і визначення каламутності при виконанні експерименту [42].

На рис.2.5 наведено зовнішній вигляд датчика каламутності TS-300B [42].



Рис. 2.5 Зовнішній вигляд датчика каламутності TS-300B

2.2.5. Опис обраної елементної бази для розроблення макету автоматизованої системи контролю якості води

Для розроблення макету автоматизованої контролю якості води було обрано наступні компоненти:

- плата Arduino Nano;
- датчик кислотності PH0-14 probe;
- датчик температури DS18B20;
- датчик каламутності TS-300B.

2.3 Проектування макету автоматизованої системи контролю якості води

Перед початком підключення всіх компонентів до основної плати Arduino Nano було розглянуто під'єднання кожного елемента окремо.

Підключення датчика температури DS18B20 до плати Arduino Nano виконується наступним чином (рис. 2.6): для живлення датчика контакт VCC підключається до макетної плати до 7 макетної плати до резистора, потім з макетної плати до основної до плати Arduino Nano на контакт живлення 3,3 В. Контакт GND датчика підключається до 14 макетної до контакту GND на платі Arduino Nano. Контакт датчика OUT підключається до 3 макетної плати до резистора, потім з макетної плати до основної до плати Arduino Nano на контакт живлення A0.

Підключення датчика каламутності TS-300B до плати Arduino Nano виконується наступним чином (рис. 2.7): для живлення датчика контакт VCC підключається до макетної плати до 16 макетної плати Arduino Nano на контакт живлення 3,3 В. Контакт GND датчика підключається до 14 макетної до контакту GND на платі Arduino Nano. Контакт датчика OUT підключається до 24 макетної плати до резистора , потім з макетної плати до основної до плати Arduino Nano на контакт живлення A1.

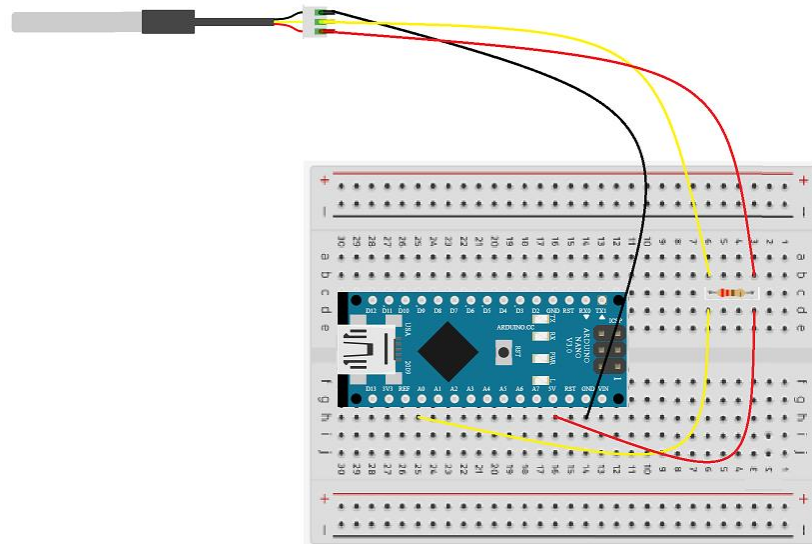


Рис. 2.6 Схема підключення датчика DS18B20 до плати Arduino Nano

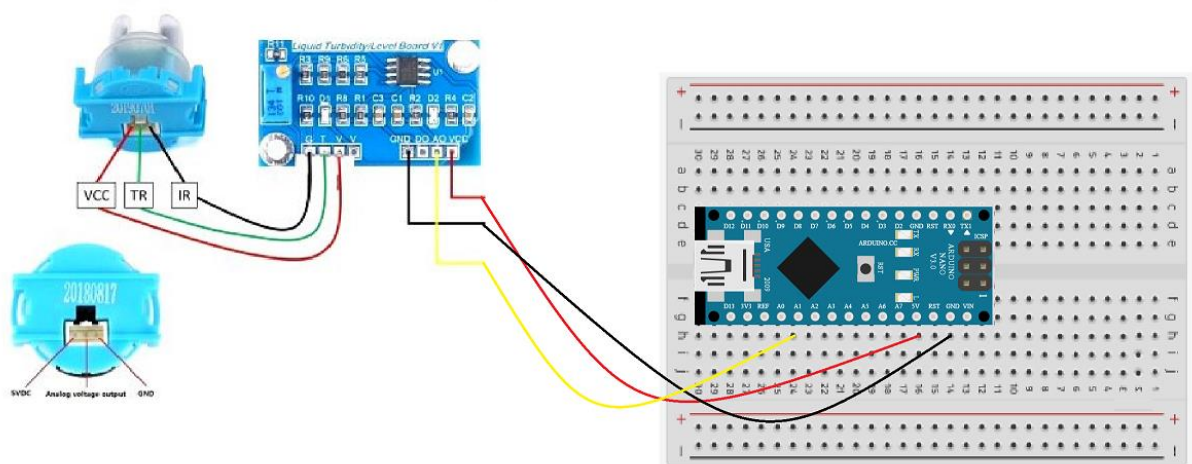


Рис. 2.7 Схема підключення датчика TS-300B до плати Arduino Nano

Підключення датчика кислотності PH0-14 probe до плати Arduino Nano виконується наступним чином (рис. 2.8): для живлення датчика контакт VCC підключається до макетної плати до 16 макетної плати Arduino Nano на контакт живлення 3,3 В. Контакт GND датчика підключається до 14 макетної до контакту GND на платі Arduino Nano. Контакт датчика OUT підключається до 23 макетної плати до резистора, потім з макетної плати до основної до плати Arduino Nano на контакт живлення A2.

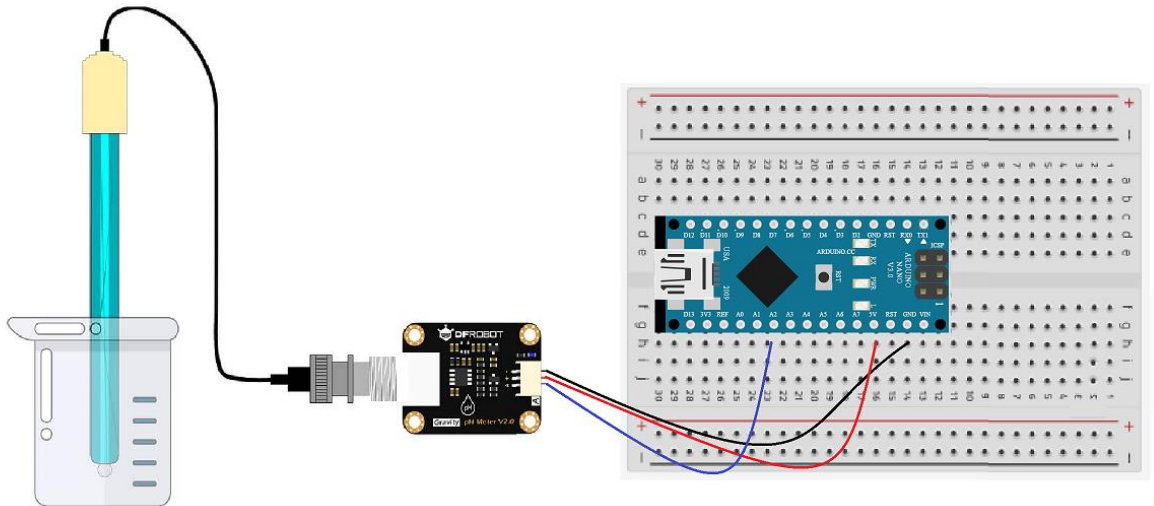


Рис. 2.8 Схема підключення датчика PH0-14 probe до плати Arduino Nano

На рис.2.9 зображена схема підключення датчиків до плати Arduino Nano.

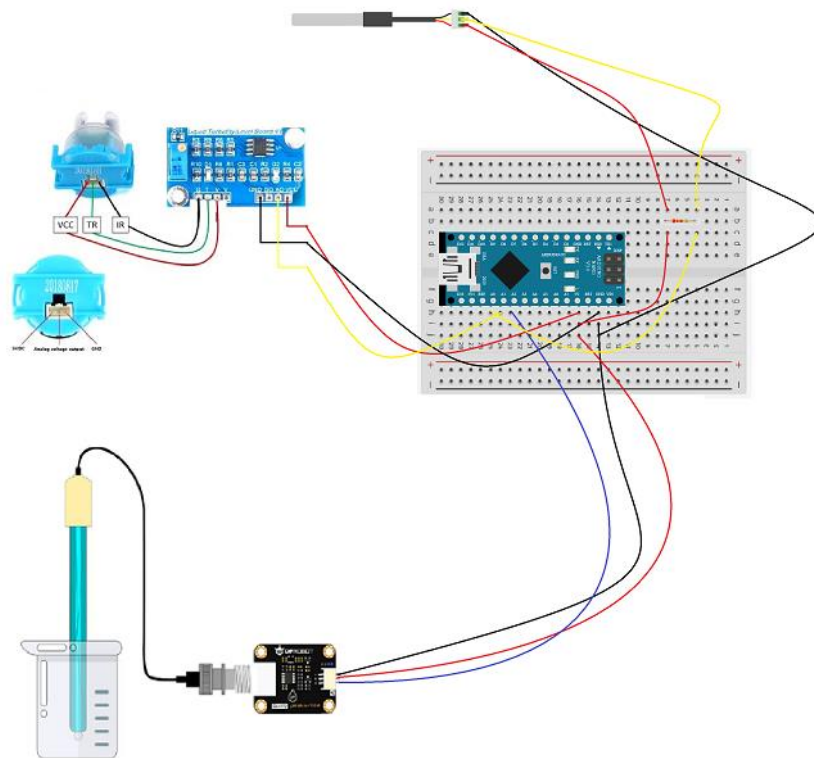


Рис. 2.9 Схема підключення датчиків до плати Arduino Nano

Підібравши всі потрібні комплектуючі для автоматизованої системи контролю якості води, на макетній платі було підключено і перевірено роботу всіх датчиків (рис. 2.10).

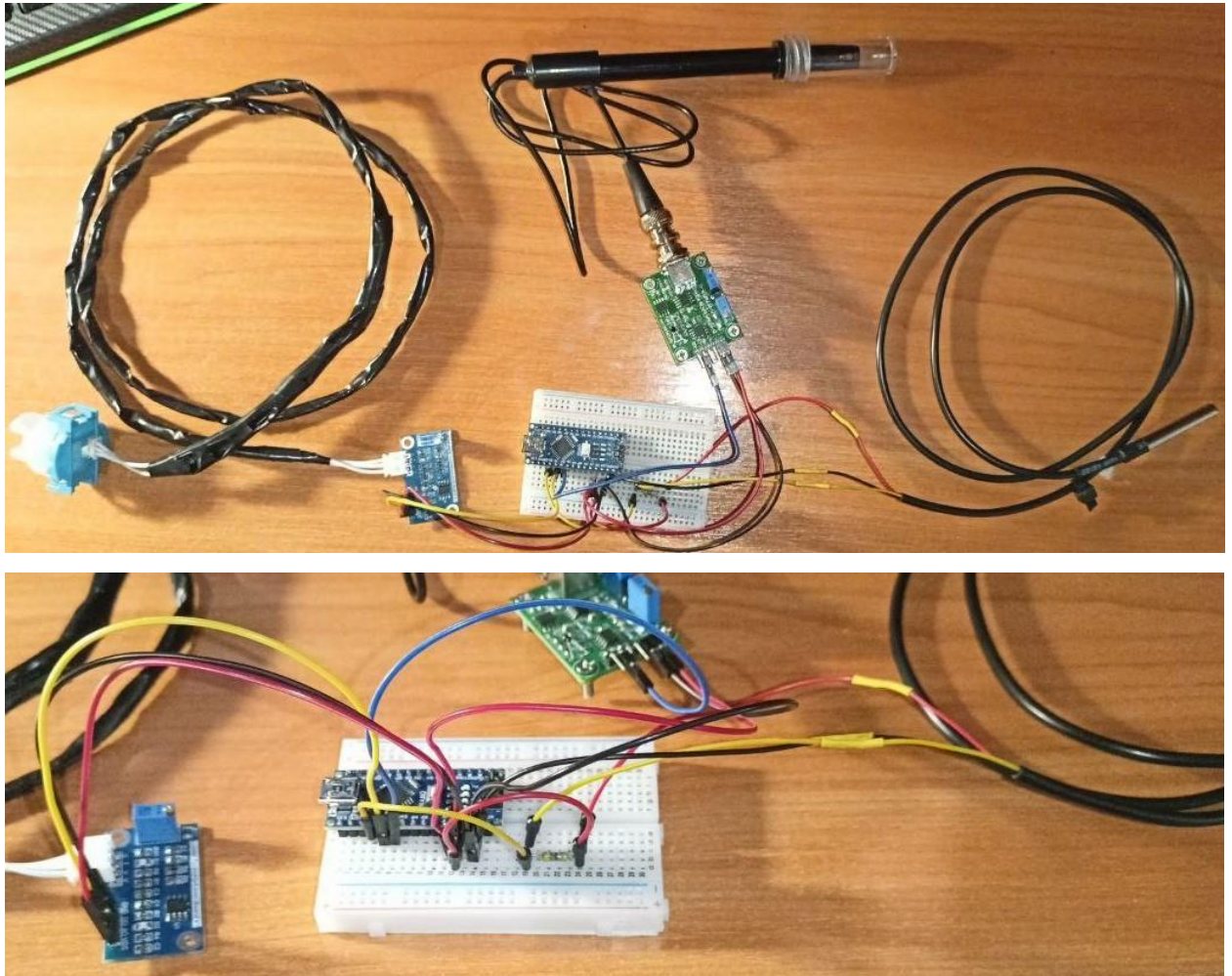


Рис. 2.10 Підключення датчиків до плати Arduino Nano

2.4 Розробка програмного коду для автоматизованої системи контролю якості води

Програмний код було розроблено в програмі Arduino IDE.

Інтегроване середовище розробки Arduino - або програмне забезпечення Arduino (IDE) - містить текстовий редактор для написання коду, область повідомлень, текстову консоль, панель інструментів із кнопками для загальних функцій і ряд меню. Він підключається до апаратного забезпечення Arduino для завантаження програм і обміну даними з ними [43].

Програми, написані в цьому середовищі, називаються sketch-ами. Це дуже зручно, при збереженні та експорті проекту в області повідомлень з'являється опис про те, що та чи інша операція успішно виконана, а також можна відобразити повідомлення про помилку. Спеціальне вікно виведення тексту називається консоллю та відображає повідомлення Arduino, які можуть містити повні звіти про помилки та іншу інформацію. Кнопки, розташовані на панелі інструментів, дозволяють перевіряти (налагоджувати) і зберігати програми, створювати, відкривати та зберігати sketch, відкривати моніторинг послідовної шини та багато інших операцій. Відразу після написання самого sketchy потрібно задати основні параметри для його завантаження в меню «Інструменти». Необхідно вибрати плату і СОМ-порт, до якого підключається Arduino. Після цього ви можете налагодити створений ескіз і завантажити мікропрограму в пам'ять. Якщо помилок немає, то ескіз написаний правильно і обраний При правильному СОМ-порті код програми буде завантажено в пам'ять [43].

Нижче представлено програмний код для системи автоматизованої системи контролю якості води:

[code]

```
#include <microDS18B20.h>
MicroDS18B20<A0> sensor;

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    pinMode(13, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println(" ");
    Serial.print(" pH      ");
    Serial.print("NTU      ");
    Serial.println("Temp ");
}

void loop() {
    float pH_Value = analogRead (A2);
    float ph = map (pH_Value, 500, 900, 14, 0);
    Serial.print(ph);

    // put your main code here, to run repeatedly:
    int turbidity = analogRead(A1);
    float turb = map(turbidity,0,1000,1000,0);

    Serial.print(" ");
    Serial.print(turb);
```

```

    sensor.requestTemp();
    if (sensor.readTemp()){
        Serial.print(" ");
        Serial.println(sensor.getTemp());
    }
    else Serial.println("  error");
    Serial.println("");
    delay(1000);
}
[/code]

```

Для того, щоб всі вибранні датчики мали можливість записувати інформацію даної автоматизованої системи контролю якості води потрібно при написанні коду підключити бібліотеки цих датчиків та супутніх бібліотек для виводу даних. Бібліотека яка були підключена представлена нижче.

```
#include <microDS18B20.h>
```

В void setup було прописано швидкості портів через які будуть виводитись дані, адреса датчиків та назви параметрів данні яких будуть виводиться представлено нижче.

```

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    pinMode(13, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println(" ");
    Serial.print(" pH    ");
    Serial.print("NTU    ");
    Serial.println("Temp ");
}

```

В void loop прописується все для виводу даних з датчиків представлено нижче.

```

void loop() {
    float pH_Value = analogRead (A2);
    float ph = map (pH_Value, 500, 900, 14, 0);
    Serial.print(ph);

    // put your main code here, to run repeatedly:
    int turbidity = analogRead(A1);
    float turb = map(turbidity,0,1000,1000,0);

    Serial.print(" ");
    Serial.print(turb);

    sensor.requestTemp();
    if (sensor.readTemp()){
        Serial.print(" ");
        Serial.println(sensor.getTemp());
    }
}

```

```

}
else Serial.println("  error");
Serial.println("");
delay(1000);
}

```

2.5. Розроблення корпусу

Для виготовлення корпусу використовувався пластик, який дозволить захистити плату від механічних пошкоджень та зовнішніх на неї впливів. Це найдоступніший з матеріалів, який можна використати для корпусу. Плюсом пластика є те, що він менше нагрівається на відміну від заліза. Завдяки цьому показники будуть точніші і в спекотну погоду датчик зможе видавати коректні дані.

Габарити приладу. Внутрішній розмір корпусу автоматизованої метеостанції повинен бути не менше ніж 95x120x40 мм. Товщина стінок корпусу була обрана 3 мм. Також спроектовано до бокових поверхонь дві направляючі товщиною 3 мм для висувної кришки. А для датчиків кислотності, температури та каламутності зроблено на боковій поверхні отвори діаметром 15 та 12 мм, відповідно. На прилеглій стінці спереду - ще отвір для USB-кабелю 12x9 мм. Визначившись з типом кришки та товщиною стінок за допомогою програми SolidWorks було створено 3D модель (рис.2.11 та 2.12).

Виготовлення корпусу відбувалось принтуванням на 3D принтері. Клеєм було зафіксовано макетну плату. Плати датчика кислотності та каламутності було зафіксовано 4-ма та 2-ма гвинтами по 1.5x10 мм, та гайками 1.5 x2 мм, відповідно.

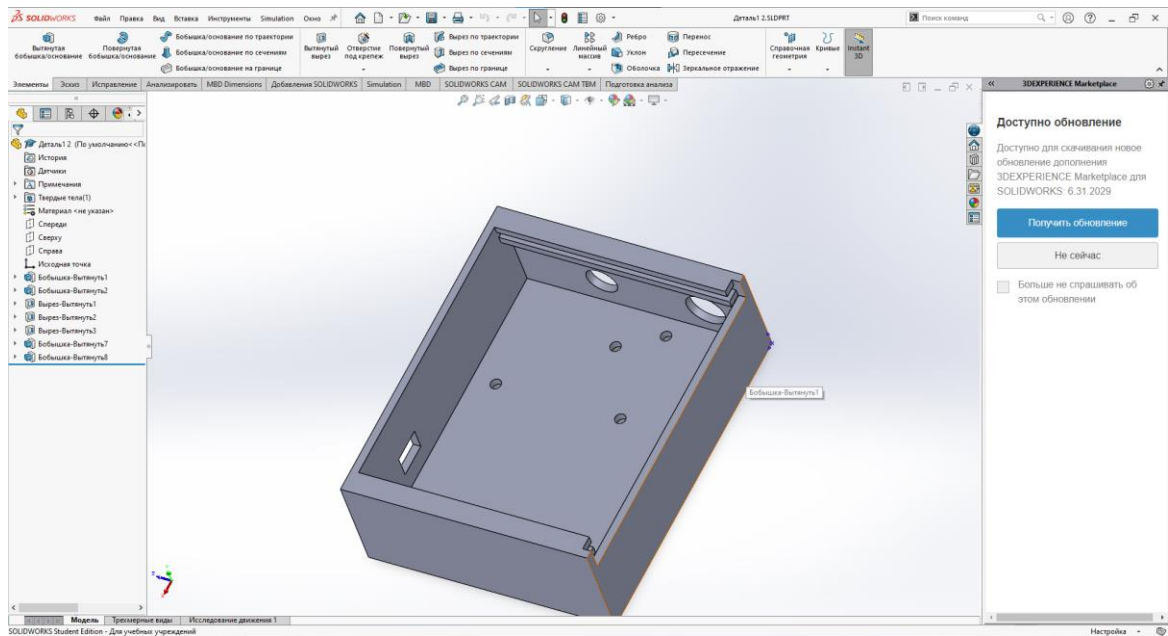


Рис. 2.11. 3D модель корпусу макету автоматизованої системи контролю якості води

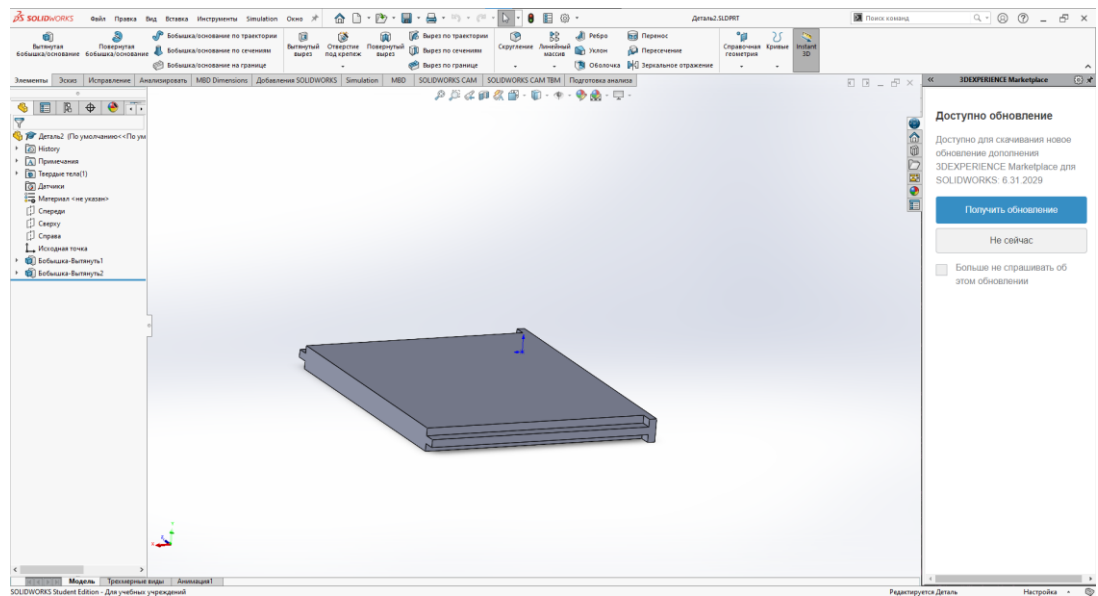


Рис. 2.12. 3D модель кришки корпусу макету автоматизованої системи контролю якості води

2.6 Опис конструкції макету автоматизованої системи контролю якості води

Автоматизована система контролю якості води призначена для вимірювання температури, каламутності та кислотності у воді. Внутрішня будова приладу складається з макетної плати, на якій розміщений мікроконтролер, плати датчика кислотності та каламутності (рис. 2.13 та 2.14).

Сама макетна плата підключена до мікроконтролера (рис. 2.10). Зовнішній вигляд макету наведено на рис.2.15.

Ззовні макет захищений від механічних впливів та нагрівання сонячними променями за допомогою пластикового корпусу. Розмір корпусу 95x120x40 мм.

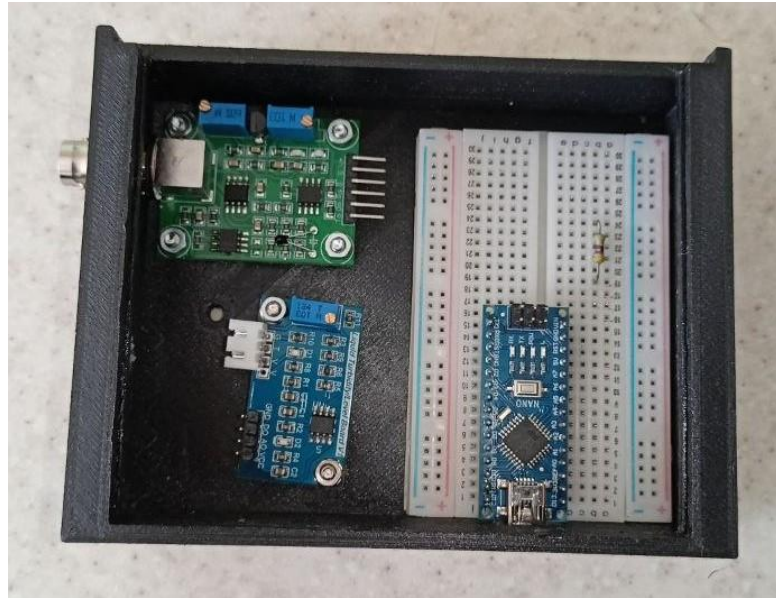


Рис.2.13 Макет АСКЯВ всередині корпусу без підключення плат



Рис.2.14 Макет АСКЯВ всередині корпусу з підключенням плат

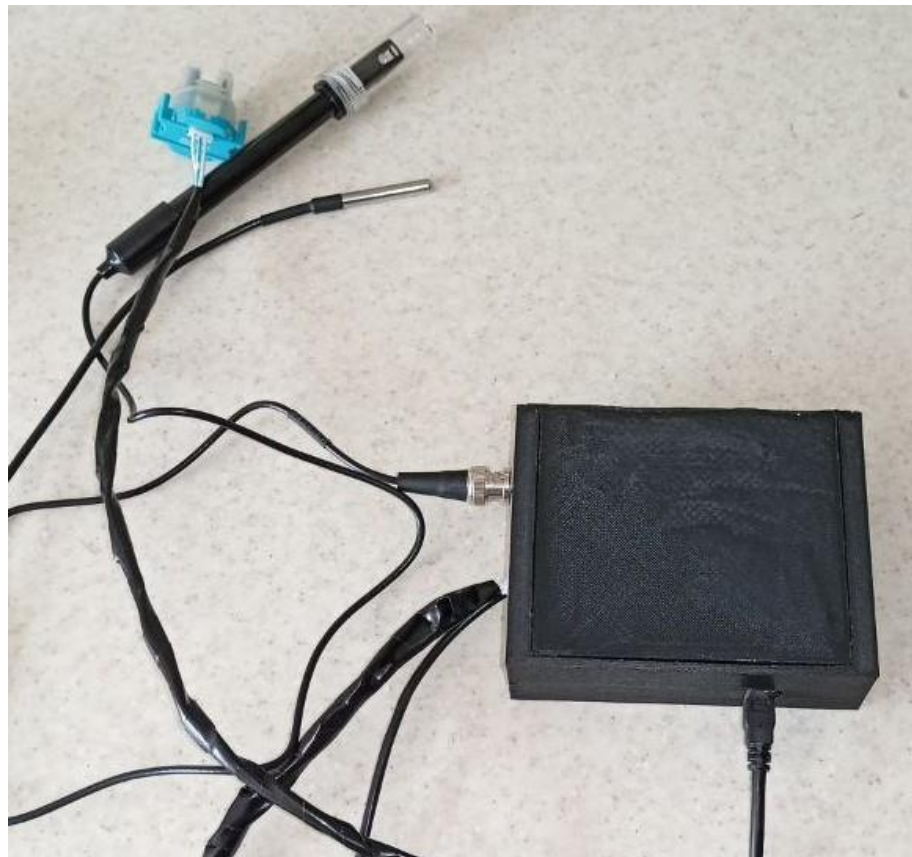


Рис.2.15 Зовнішній вигляд макету АСКЯВ

2.7 Демонстрація роботи макету автоматизованої системи контролю якості води

Експеримент1

На рис.2.16 продемонстровано процес зняти показників за допомогою розробленого макету автоматизованої системи (рис.2.16). Датчики макету були занурені у воду.

Для перевірки працездатності розробленої системи відбувались наступні дії:

- Отриманні показники температури порівнювались з термометром, який зображено на рис.2.16, б.
- Показники кислотності порівнювались зі значенням рН, які наведені на рис. 2.17 [44].



а)



б)

pH	NTU	Temp
7.00	242.00	25.75
7.00	241.00	25.75
7.00	241.00	25.75
7.00	243.00	25.75
7.00	243.00	25.75
7.00	242.00	25.75
7.00	243.00	25.75

в)

Рис.2.16 Демонстрація роботи макету автоматизованої системи контролю якості води: а) датчики занурені у воду; б) термометр; в) результат вимірювання температури, кислотності та каламутності

Деякі значення рН	
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
Нашатирий спирт	11,5
Відбілювач (хлорне вапно)	12,5
Концентровані розчини лугів	>13

Рис.2.17 Значення рН

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок: показники, що отримані датчиками розробленого макету збігаються з тими, що представлені на рис 2.17 та рис.2.16,б, тому можна зробити висновок, що прилад працює правильно.

Експеримент 2

Датчик кислотності занурено в оцет та зняти показники, які наведені на рис. 2.18. Отримані результати порівняли зі значеннями, які наведені на рис.2.17.



а)

pH
3.00
3.00
3.00
3.00
3.00
3.00

б)

Рис.2.18 Демонстрація зняття показника кислотності датчиків занурених в оцет: а) датчик занурені у оцет; б) результат вимірювання кислотності

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок: показник, що отримав наш датчик збігаються з тими, що представлені на рис 2.17, тому можна зробити висновок, що прилад працює правильно.

Експеримент 3

Датчик каламутності занурили у воду змішаною з землею та було знято показники, які наведені на рис. 2.19. Отримані результати порівняли зі значеннями, які наведені на рис.2.20.



а)

NTU
915.00

921.00

913.00

915.00

917.00

910.00

907.00

б)

Рис.2.19 Демонстрація зняття показників з датчика каламутності, зануреного у воду змішану з землею: а) датчик занурений у воду змішану з землею; б) результат вимірювання каламутності

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок: показник, що отримав датчик збігаються з тими, що представлені на рис 2.20, тому можна зробити висновок, що прилад працює правильно.

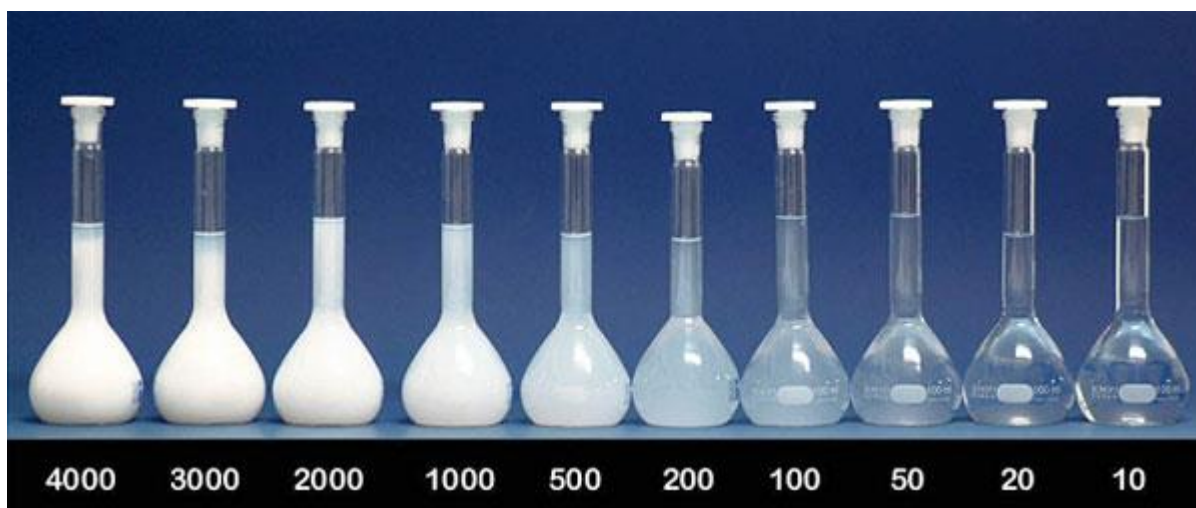


Рис.2.20 Деякі значення NTU [45]

Експеримент 4

Для демонстрації роботи розробленого макету було використано гарячу воду. У воду було занурено датчик температури. Отримані результати наведено на рис. 2.21. Отримані результати було порівняно з показниками з термометра (рис.2.21, в)



а)

Temp
49.88
51.00
51.00
51.00
51.00
51.00
51.00

б)



в)

Рис.2.21 Показання датчиків занурених в гарячу воду: а) датчик занурений у гарячу воду; б) результат вимірювання температури; в) термометр

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок: показник, що отримав датчик збігаються з тими, що представлені на рис.2.21, в, тому можна зробити висновок, що прилад працює правильно.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті описано етапи розроблення макету автоматизованої системи контролю якості води. Розглянуто види та принципи роботи кожного з датчиків. Описано роботу сучасних приладів контролю якості води.

Створено структурну схему макету автоматизованої системи контролю якості води. Обґрунтовано вибір елементної бази: вибір мікроконтролеру, датчиків температури, кислотності та каламутності. Для розроблення макету було обрано плату Arduino Nano на основі мікроконтролера 8-ядерного мікроконтролера ATmega328, датчик кислотності PH0-14 probe, датчик каламутності TS-300B, цифровий датчик температури DS18B20 в захисному корпусі.

Окремим пунктом описано розроблення керуючої програми та кожного датчика автоматизованої системи контролю якості води. Програма розроблена у програмному середовищі Arduino IDE.

Була створена 3D модель корпусу автоматизованої системи контролю якості води за допомогою системи тривимірного проектування SolidWorks.

Маючи всі потрібні елементи для складання макету, було зібрано системи контролю якості води на макетні платі.

Для захисту від зовнішніх механічних пошкоджень створено креслення корпусу макету для принтування на 3D принтері.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Groundwater vs. Surface Water – What`s the Difference? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sensorex.com/groundwater-vs-surface-water/>
2. Нормування якості підземних вод [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/Tema-4-1.doc>
3. Вода питна, вимоги та методи контролювання якості ДСТУ 7525:2014 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf
4. Drinking Water [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
5. Water filtration [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/water-filtration>
6. Water Filtration for Food Processing Applications [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.process-cooling.com/articles/90699-water-filtration-for-food-processing-applications>
7. Production Water for Cosmetics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cptclabs.com/production-water-cosmetics/>
8. The Importance of Your Pool Filter [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pinkdolphinpoolcare.com/the-importance-of-your-pool-filter/>
9. What is the Purpose of Aquarium Filters? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.petmd.com/fish/care/evr_fi_aquarium_filters
10. How aquarium filters work [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.aquariadise.com/mechanical-biological-chemical-filtration/>

11. 8 Common Types Of Water Filters And How They Work [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.forbes.com/home-improvement/home/types-of-water-filters/>

12. Активований глинозем для очищення води УН-АА-002, 2-4 mm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://bts.net.ua/ua/adsorbents-dryers-catalysts/aktivovaniy-glinozem-dlya-ochishchennya-vodi-yh-aa-002-2-4-mm/>

13. Картридж FCCBL-L з пресованого активованого вугілля [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aquafilter.store/kartridzhi/vugilni-vid-hloru-ta-zapahu/FCCBL/FCCBL-L>

14. Керамічні фільтри для очищення води: як вибрати найкращу модель? Різновиди, особливості роботи + поради, чи варто купувати [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://santekhnik.net.ua/keramichni-filtry-dlya-ochyshhennya-vody-yak-vybraty-najkrashhu-model-riznovydy-osoblyvosti-roboty-porady-chy-var-to-kupuvaty/>

15. Дистилят чи ректифікат – у чому різниця? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://budmo-mdd.com.ua/ua/a477558-distillyat-ili-rektifikat.html>

16. Принцип роботи фільтра зворотного осмосу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://akvo.com.ua/ua/articles/kak-rabotaet-fil-tr-obratnogo>

17. What Is Reverse Osmosis (RO) and How Does It Work? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://complete-water.com/resources/what-is-reverse-osmosis>

18. Сітчастий фільтр для очищення води з латуні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ua.waterfiltermediasupplier.com/water-pre-filter/brass-water-pre-filter/mesh-strainer-brass-water-pre-filter.html>

19. Water Quality Testing Instruments Information [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

https://www.globalspec.com/learnmore/sensors_transducers_detectors/environmental_sensors/water_quality_measurement_instruments

20. Interface Leveling Analyzer for Royce 25 Sensor [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.ferguson.com/product/xylem-interface-leveling-analyzer-for-royce-25-sensor-r2459720f/_/R-5092181

21. TD-120 General Purpose OnLine Oil in Water Monitor [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://hmagrp.com/td-120-general-purpose-online-oil-in-water-monitor/>

22. pH Meter [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.omega.com/en-us/resources/ph-meter>

23. Multi-parameter Water Quality Checker [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.horiba.com/esp/products/detail/action/show/Product/u-50-434/?utm_source=uhw&utm_medium=301&utm_campaign=uhw-redirect

24. Milwaukee MW402 PRO High Range Total Dissolved Solids Meter [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://milwaukeeinstruments.co.nz/milwaukee-mw402-pro-conductivity-meter/>

25. RCYAGO Dissolved Oxygen Meter with Electrode Filling Fluid [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.amazon.com/RCYAGO-Dissolved-Temperature-Resolution-Electrode/dp/B08NFYY4L8>

26.CO2 / Dissolved Carbon Dioxide [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.modcon-systems.com/project/co2-dissolved-carbon-dioxide/>

27. Blue Green Chlorophyll meter Algae online Analyzer [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.alibaba.com/product-detail/Blue-Green-Chlorophyll-meter-Algae-online_60677316819.html

28. Testo 0563 9501 Basic modular handheld datalogger [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.coleparmer.in/i/testo-0563-9501-basic-modular-handheld-datalogger/3746000>

29. Lab companion model ist-4075 benchtop incubating shaker [электронный ресурс] – режим доступа до ресурсу: <https://www.biotechserv.com/products/lab-companion-model-ist-4075-benchtop-incubating-shaker/>

30. Water Quality Testing Equipment [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://pureaqua.com/tools-and-equipment-for-testing-water-quality/>

31. Arduino Nano V3.0 AVR ATmega328P з розпаяними роз'ємами [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p-s-raspayannimi-razemami>

32. Arduino Uno [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>

33. Arduino Mega 2560 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>

34. Портативный электронный pH-метр Benetech GM760 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://protester.com.ua/gm760/>

35. Аналоговый датчик PH для Arduino [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://arduino.ua/prod3543-ph-sensor-for-arduino>

36. Цифровой pH-метр Sungen измеритель кислотности PH воды с автокалибровкой (PH-1) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://ugreen.mk.ua/p1674813412-tsifrovoj-metr-sungen.html?source=merchant_center&gad=1&gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEfrS_mPKVEjbaMjAUfj4VCl9sjO5XrTrkPWY0xvfgfeWr5ieC574mcaAqysEALw_wcB

37. Водонепроникий датчик температуры DS18B20 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://uamper.com/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B9-%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA->

%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-DS18B20

38. Датчик температури й вологості DHT22 (AM2302) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uamper.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-%D0%B8-%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-DHT22-\(AM2302\)](https://uamper.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-%D0%B8-%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-DHT22-(AM2302))

39. Датчик температури LM35[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uamper.com/%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9-%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-LM35>

40. ProDSS Turbidity Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ysi.com/product/id-626901/prodss-turbidity-sensor>

41. WQ730 Turbidity Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ysi.com/wq730>

42. TS-300B Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.kosmodrom.ua/datchik-potoku-ridini/ts-300b-sensor.html>

43. Arduino Integrated Development Environment (IDE) v1 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics>

44. pH[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/PH>

45. Turbidity Standards – Quick Reference Guide [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://camblab.info/turbidity-standards-quick-reference-guide/>

ДОДАТКИ