

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ФРАНАСЮК Юрій Павлович
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ
СТАНОМ ЗАКРИТИХ ВОДОЙМ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РИБ /
AUTOMATED SYSTEM OF MONITORING AND CONTROL OF THE
CONDITION OF CLOSED PONDS FOR FISH FARMING

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Магістерська робота

Виконав студент групи АКІТм-
21
Ю.П. Франасюк

Науковий керівник:
к.т.н., доцент Б.О.Масляк

Магістерську роботу допущено до захисту:
"___" _____ 20___ р.

Завідувач кафедри
_____ А.І. Сегін

Тернопіль 2023

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"
спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

" ____ " _____ 20__ р. А.І.Сегін

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Франасюк Юрій Павлович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Автоматизована система моніторингу та управління станом закритих водойм для вирощування риби / Automated system of monitoring and control of the condition of closed ponds for fish farming
керівник роботи _____ к.т.н., доцент Б.О. Масляк
затверджені наказом по університету від 8 грудня 2022 р. № 491

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи
30 листопада 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Механізми функціонування рибних господарств
Структура системи управління станом водойм
Принципи побудови систем збору даних та управління із застосуванням комп'ютерних платформ
Сучасна елементна база

4. Основні питання, які потрібно розробити

- аналіз особливостей процесу вирощування рибної продукції;
- розробка структури системи моніторингу станом закритих водойм та вибір контролера;
- розробити та налаштувати електричні схеми основних компонентів контролера;
- програмно реалізувати основні процедури управління.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Структурна схема автоматизованої системи
 2. Функціональна схема підсистеми фітомоніторингу
 3. Функціональна схема підсистеми управління агротехнічними заходами
- 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи**

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

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення особливостей технології вирощування риб	20.10.2022р. – 28.02.2023р.	
	Аналіз ринку автоматизованих систем управління технологічним процесом	1.03.2023р. 1.04.2023р.	
2	Проектування автоматизованої системи	02.04.2023р. – 30.06.2023р.	
3	Реалізація компонентів автоматизованої системи моніторингу та управління	1.07.2023р. – 20.11.2023р.	

Студент _____ Ю.П.Франасюк
(підпис)

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент Б.О. Масляк
(підпис)

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 62 сторінках та містить 26 рисунків, 25 джерел за переліком посилань.

Мета кваліфікаційної роботи. Дослідження систем моніторингу та автоматизації параметрів закритих водойм для вирощування риб.

Результати роботи. Реалізовано автоматизовану систему моніторингу та управління, що забезпечує опитування сенсорів, обробку даних та формування керуючої інформації щодо управління параметрами температури, рівня кисню, рН, забруднення механічними та біовідходами. Реалізовано відповідні програмні модулі збору інформації та управління виконавчими пристроями.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Запропонована система моніторингу та управління забезпечує автоматизацію процесу збору та обробки даних про стан закритої водойми з мінімальним впливом людського фактору на технологічний процес вирощування риб і може бути використана у промислових масштабах.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, МОНІТОРИНГ, СЕНСОР, АЦП, АКТУАТОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, БЕЗПРОВІДНА ПЕРЕДАЧА ДАНИХ.

ABSTRACT

The work is completed on 62 pages and contains 26 figures, 25 sources according to the list of references.

The purpose of the qualification work. Study of systems for monitoring and automating the parameters of closed reservoirs for fish farming.

Work results. An automated monitoring system has been implemented that provides polling of sensors, data processing and the formation of management information regarding the management of parameters of temperature, oxygen level, pH, pollution by mechanical and biological waste. Relevant software modules for information collection and management of executive devices have been implemented.

Recommendations on the use of work results. The proposed monitoring and management system provides automation of the process of collecting and processing data on the state of a closed reservoir with minimal human influence on the technological process of fish farming and can be used on an industrial scale.

Keywords: AUTOMATED SYSTEM, MONITORING, SENSOR, ADC, ACTUATOR, MICROCONTROLLER, WIRELESS DATA TRANSMISSION.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК	УМОВНИХ	8
СКОРОЧЕНЬ.....		9
ВСТУП.....		
1. ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ЗАКРИТИХ ВОДОЙМ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РИБ		12
1.1 Особливості вирощування рибної продукції в закритих водоймах		17
1.2 Технологічне обладнання рибництва та його операційні завдання		26
1.3 Перспективи автоматизації процесів моніторингу та управління		27
1.4 Визначення вимог до проекрованої системи.....		29
2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ЗАКРИТИХ ВОДОЙМ		32
2.1 Розробка структури проекрованої системи		33
2.2 Вибір обладнання для реалізації проекрованої автоматизованої системи		39
2.2.1 Модуль моніторингу та алгоритм його роботи		43
2.2.2 Модуль управління та алгоритм його роботи		48
2.3 Розробка апаратного забезпечення спеціалізованих модулів		51
3 РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ		52
3.1 Вибір програмного забезпечення та розробка програми моніторингу стану закритих водойм		57
		59
		60

3.2 Розробка програми управління пристроями збору даних	64
3.3 Розробка програми управління виконавчим пристроєм	
3.4 Процедура налаштування Wi-Fi модуля для інтерфейсу з сервером верхнього рівня	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК	ВИКОРИСТАНИХ
ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТОК А	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

УЗВ – установки замкнутого водопостачання;

АСУ – система автоматизованого управління;

ПК – персональний комп'ютер;

МК – мікроконтролер;

ТП – технологічний процес;

ВК – вимірювальний канал;

ВП – вимірювальний перетворювач (сенсор, давач);

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

ЦАП – цифро - аналоговий перетворювач;

ВП – виконавчий пристрій;

ПЗ – програмне забезпечення.

ВСТУП

Вирішенням проблеми продовольчого забезпечення України, підвищення рівня та обсягів виробництва рибної продукції набуває подальшого розвитку не тільки у внутрішніх водоймах (водосховищах і озерах), а й в умовах розширення географії рибних ферм, розселення теплолюбних видів риб у північні та східні регіони, де можна використовувати теплі води промислових підприємств та енергетичних комплексів.

Теплі води в зимовий період теж перспективна і достатньо керована база для культивування теплолюбивих видів риб. Це поряд з використанням природних низькотемпературних водойм дає змогу істотно розширити виробництво цінних видів риб, що є сировиною для одержання продукції.

Сучасні об'єкти світового рибництва представлені видами, які були вибрані в процесі еволюції галузі і змогли адаптуватися до штучних умов вирощування.

Перехід від тимчасового утримування риби у штучних конструкціях до її культивування передбачав здатність конкретних видів риб харчуватися природними і штучними кормами у пропонованих умовах утримання. Перелік цих видів залишається досить обмеженим. Ця обставина значною мірою зумовлена існуючою актуальною і злободенною проблемою рибництва, що пов'язана з різними аспектами годівлі риби. Інтенсифікація виробництва риби, або іншими словами підвищення рибопродуктивності ставів, малих водосховищ, водоймохолоджувачів, садкових і басейнових рибних господарств, рибницьких систем із зворотним водопостачанням, може мати реальну основу лише в разі застосування кормів відповідної якості, за умови творчого і свідомого володіння теорією і практикою годівлі риби. У свою чергу, практично реалізувати оптимальні режими годівлі риб за

умов штучного вирощування можна лише в разі володіння фахівцями відповідними знаннями і вмінням їх використовувати стосовно конкретних видів риб та умов культивування. В останні роки простежується тенденція до збільшення видового складу культивованих видів риб переважно за рахунок видів, попит на які підвищений завдяки високим гастрономічним і дієтичним властивостям. У зв'язку з цим накопичений, значною мірою вже традиційний, досвід годівлі коропа і форелі корисний, однак видоспецифічні особливості нових об'єктів рибництва потребують індивідуального підходу, який має враховувати анатомо-фізіологічні особливості цих видів, характер їх харчування і механізм засвоєння в сезонних умовах. Досягнення в галузі біологічних наук у поєднанні із зростаючими можливостями сучасної техніки в найближчій перспективі сприятимуть швидкому розвитку технологій рибництва, в яких годівля риб зберігатиме провідні позиції. Тому зрозуміло, що процес розширення видового складу культивованих об'єктів рибництва і надалі зростатиме. У сучасному світовому рибництві існує тривала і стійка тенденція – значення кормів і годівлі риб з підвищенням рівня інтенсифікації неухильно зростає. Вона, безсумнівно, і надалі зберігатиме свою актуальність. Цей чинник нині є одним з головних, що визначає собівартість продукції і загальний, тобто комерційний ефект виробництва, а іноді і його доцільність. Опанування принципами раціонального використання кормів та сучасними методами годівлі риби відкриває перед фахівцем можливості істотного зниження витрат кормів на одиницю рибопродукції. Ця обставина поряд з економічними позитивними результатами має певне природоохоронне значення, що логічно впливає з енергоресурсозбереження, поліпшення екологічної ситуації за рахунок істотного зменшення тиску на навколишнє середовище. Інтенсифікаційні заходи у рибництві передбачають оптимальне концентрування ресурсів на одиниці площі акваторії з метою 7 одержання максимальної кількості продукції високої якості за достатньої рентабельності виробництва. Результати досліджень, проведених в різних

грунтово-кліматичних зонах на акваторіях різного походження і цільового призначення підтверджують, що щільність посадки або число екземплярів риби на одиницю площі є вирішальним фактором для одержання максимальної кількості продукції з одиниці площі чи одиниці об'єму води. Проте щільність посадки риби на одиниці площі не слід розглядати як самоціль, що виключає свідоме обмеження. Прийнята щільність посадки має забезпечувати максимальну рибопродуктивність та отримання стандартної маси рибопосадковим матеріалом або товарною рибою. Методи інтенсифікації рибництва ґрунтуються на механізмах, які визначають взаємовідносини риби і навколишнього середовища. При цьому вирішального значення набувають адаптаційні можливості культивованих риб упродовж усього процесу онтогенезу за астатичності низки екологічних і технологічних параметрів вирощування.

У зв'язку з цим метою даного дослідження є розробка програмно-апаратного комплексу для автоматизації процедур пов'язаних з вирощуванням продукції аквакультури. В першому розділі роботи розглядається особливості технології вирощування рибної продукції та актуальність тематики. В другому розділі здійснено проектування основних компонентів системи та алгоритмів їх, розроблено функційні та принципові схеми апаратного та програмного забезпечення. В третьому розділі здійснено програмну реалізацію запропонованих рішень.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ЗАКРИТИХ ВОДОЙМ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РИБ

1.1 Особливості вирощування рибної продукції в закритих водоймах

Підприємства галузі рибництва є структурними елементами економіки країни та повноправними учасниками на аграрному ринку країни. Їх діяльність регламентується Законом України «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів», на основі якого узгоджуються економічні інтереси учасників рибогосподарської діяльності з природоохоронними вимогами, а також інтересами адміністративно-територіальних одиниць і громадськості.

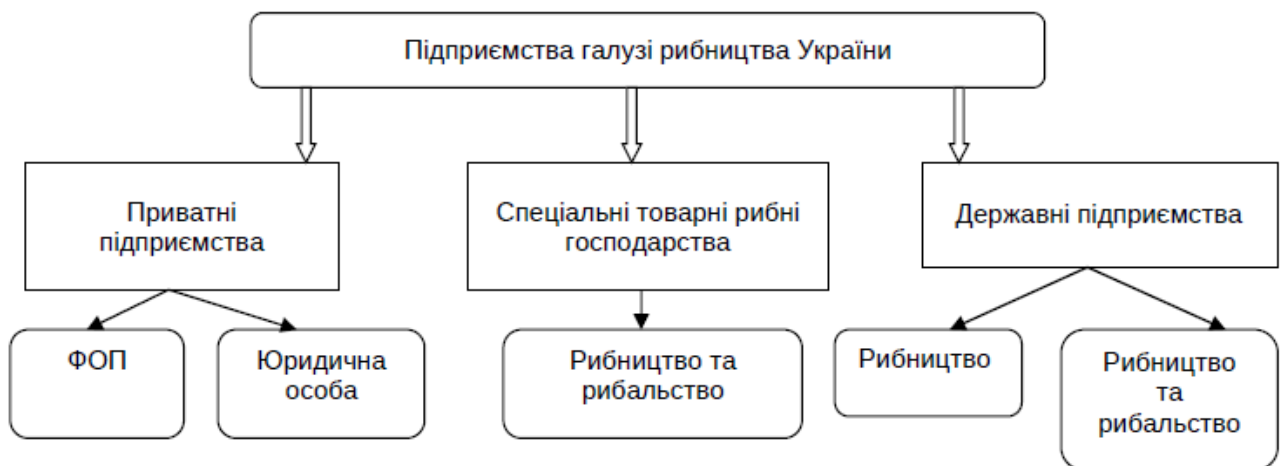


Рисунок 1.1 - Класифікація підприємств галузі рибництва за формою
власності та напрямом спеціалізації

За організаційно-правовою формою підприємств галузі рибництва поділяються на приватні підприємства, спеціальні товарні рибні господарства та державні рибні підприємства (рисунок 1.1).

Приватні підприємства функціонують у формі «фізична особа – підприємець» або «юридична особа», що мають організаційно-правову форму: акціонерне товариство, товариство з обмеженою відповідальністю, товариство з додатковою відповідальністю, повні товариства. Спеціальні товарні рибні господарства поєднують у своїй діяльності елементи аквакультури і промислового вилову та працюють на озерах і водосховищах України або їхніх частинах. Державні підприємства галузі рибництва – це підприємства, де понад 50% акцій (часток, паїв) їх статутного капіталу належить державі.

Враховуючи розмаїття водних ресурсів, існують різні технології вирощування рибної продукції. Вирощування риб у закритих водоймах, таких як аквакультурні установки, є важливою та ефективною напрямком забезпечення продовольчої безпеки та скорочення тиску на природні водні ресурси.

Аквакультурні установки — це спеціальні споруди і системи, призначені для вирощування водних організмів, таких як риба, раки, молюски і інші водні види, в контрольованих умовах. Такі установки використовуються для комерційного рибальства, відновлення запасів риби, наукових досліджень та охорони навколишнього середовища. Ось деякі типи аквакультурних установок:

- Рибниці (Fish Ponds): Багато рибальських ферм використовують ставки або рибниці для вирощування риби. Це може бути одноетапний або багатоетапний процес, який зазвичай включає в себе контроль температури, якості води та годівлі.
- Кліткове рибальство (Cage Farming): Риба утримується в спеціальних клітках, які розміщуються у відкритих водоймах, таких як моря або озера. Це дозволяє контролювати умови вирощування риби і поліпшує ефективність використання водних ресурсів.
- Акваріумні системи (Aquarium Systems): Деякі установки

спеціалізуються на вирощуванні риби та інших водяних організмів у закритих системах, таких як акваріуми. Це може бути для торговельних цілей, досліджень чи освітніх потреб.

- Моллюсківні ферми (Mollusk Farms): Деякі аквакультурні установки спеціалізуються у вирощуванні моллюсків, таких як мідії, устриці або черепахи.
- Раціональні системи (Recirculating Systems): Ці системи використовують технології для повторного використання та очищення води, що дозволяє ефективніше використовувати водні ресурси та зменшувати вплив на навколишнє середовище.

Аквакультура стала важливою галуззю для забезпечення продовольчої безпеки та утримання екосистем в стані рівноваги. Однак, як і в інших галузях сільського господарства, важливо розвивати і використовувати такі технології з метою уникнення негативного впливу на навколишнє середовище.

Вирощування риби в закритих прісноводних водоймах на заході України може бути ефективним і прибутковим підприємством. Вибір конкретних видів риби залежить від кількох факторів, таких як клімат, властивості води, ринкові умови та власні можливості фермера – таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика видів риби

Види риби		Природна кормова база	Рибопродуктивність, кг/га
	Білий товстолобик	Фітопланктон (рослинний)	300
	Строкатий товстолобик	Зоопланктон (тваринний)	100
	Короп	Бентос (донні організми)	200
	Білий амур	Водна рослинність	100
	Судак	Дрібна риба	100

Короп є однією з найпоширеніших і популярних риб для аквакультури. Вирощування карпа може бути ефективним завдяки його швидкому росту та стійкості до різних умов утримання.

Сом є цінною рибою з високим попитом. Вона може досягати значних розмірів, що робить її цінною для риболовлі (при випуску малька в природні водойми).

Товстолоб - ця риба також є популярною для вирощування через свій швидкий ріст та високий вміст білка.

Щука, при відповідних умовах і наявності обладнання, є дуже вигідним варіантом для вирощування. Вона є цінною рибою для риболовлі та ресторанного бізнесу.

Вирощування лосося, при створенні належних умов, що нагадують його природне середовище, може бути дуже прибутковим. Основними факторами, які важливі для вирощування лосося у прісній воді є:

Температура води - лосось вимагає відносно низької температури води. Точні параметри залежать від конкретного виду лосося, але зазвичай оптимальна температура знаходиться в діапазоні від 10 до 15 градусів Цельсія.

Якість води - важливо забезпечити чистоту і якість води. Лосось чутливий до забруднень та хімічних речовин у воді, тому системи фільтрації повинні бути належно підтримувані.

Окислювання води - слід належним чином підтримувати достатній рівень кисню, необхідного для життєдіяльності риб.

Живлення повинне забезпечувати достатню кількість кормів, яке забезпечить йому всі необхідні поживні речовини.

Площа і обсяг ставків має забезпечити простір для росту та руху лосося.

Перед вирощуванням будь-якої риби важливо вивчити її вимоги до

умов утримання, особливості росту та харчування, а також ринкові перспективи. Також важливо врахувати екологічні аспекти та взаємодію з іншими видами рослин і тварин у водоймі. Процес вирощування риб у закритих системах зазвичай включає кілька ключових кроків і технологічних аспектів. Вибір та підготовка місця закритої системи має бути стійким до екологічних змін, добре освітленим та зручним для технічного обслуговування. Залежно від конкретного типу системи може знадобитися підготовка ґрунту, наприклад, створення водонепроникного дна. Інфраструктура - закриті водойми можуть бути представлені різними видами резервуарів, такими як басейни, ємності, цистерни або спеціальні аквакультурні установки. Для підтримки чистоти води та запобігання розмноженню хвороботворних організмів необхідні ефективні системи фільтрації. Контроль параметрів води - різні види риб потребують певної температури води для оптимального зростання. Це контролюється з використанням систем опалення та охолодження. Риби вимагають достатньої кількості кисню для дихання, тому використовують системи аерації або спеціальні пристрої для підтримки оптимального рівня кисню у воді. Регулярний моніторинг та керування рівнем рН, солей та інших хімічних параметрів води важливі для забезпечення здоров'я риб.

Підбір риби - вибір видів риб залежить від багатьох факторів, включаючи ринковий попит, кліматичні умови та технічні можливості системи. Годування та догляд - розробка збалансованих раціонів для риб з урахуванням їх потреб у білках, вуглеводах, вітамінах та мінералах. Медичний догляд - регулярні медичні перевірки та профілактичні заходи, щоб запобігати захворюванням та підтримувати загальне здоров'я стада. Управління відходами – для запобігання забрудненню води використання ефективних систем обробки та утилізації відходів, таких як випорожнення риб. Моніторинг та автоматизація - використання сучасних технологій для моніторингу параметрів води, росту риб та загальної виробничої

ефективності. Автоматизація - використання автоматизованих систем для регулювання параметрів води, годування риби та обробки даних.

Технологія вирощування риби у закритих водоймах продовжує розвиватися, включаючи інновації в галузі енергоефективності, використання альтернативних джерел енергії, а також впровадження сучасних методів генетичної селекції для покращення характеристик риби.

Таким чином, інтенсивні технології вирощування риби передбачають використання відповідного промислового обладнання.

1.2 Технологічне обладнання рибництва та його операційні завдання

Україна багата водними об'єктами, які можна віднести до рибогосподарських. За даними Держводагентства близько 50 тисяч водойм можуть бути використанні для вирощування рибопосадкового матеріалу та товарної риби. Саме тому, основним напрямком розвитку аквакультури є наявні водні об'єкти, що можуть надаватися в оренду бізнесу, як юридичним так і фізичним особам – підприємцям. Ставкова аквакультура протягом останнього століття культивувалась в Україні, як основна форма рибництва.

Разом з тим, жорсткі екологічні вимоги, спрямовані на зменшення забруднення від рибоводних підприємств і господарств аквакультури в розвинутих країнах стимулювали розвиток рециркуляційних аквакультурних систем - технологій замкнутого водозабезпечення. Рециркуляційна аквакультурна система – це комплекс пристроїв з контрольованими фахівцями параметрами середовища для штучного формування характеристик водного середовища (температури, проточності тощо), який спрямований на створення сприятливих умов вирощування риби та зменшення ризиків поширення інфекцій. Це один з перспективних напрямків індустріальної аквакультури, що передбачає розвиток екологічно сталої

аквакультури із високотехнологічними прийомами вирощування риби.

На практиці рециркуляційні аквакультурні системи – це ємності для вирощування риби та система водопідготовки, що містить механічну та біологічне очищення, стерилізацію, температурну стабілізацію, насичення киснем, закільцьованих в єдину систему. Зазвичай долив (і відповідно скидання) на добу становить від 5 до 30 % від загального обсягу води в системі.

Разом з тим потрібно враховувати те, що різна мета функціонування рибного господарства (вирощування малька, ікри, товарної продукції) передбачає індивідуальний підхід до проектування рециркуляційної системи. Основна увага при проектуванні систем потрібно приділити:

- системам очищення води – вибір типу фільтру механічної очистки (барабанні мікро сітчані, стрічкові або гідроциклонні);
- типу біофільтру, які відрізняються за принципом дії і типом біозавантаження;
- підсистемі насичення води киснем (повітряний компресор, киснева станція або озонатор);
- способу стерилізації води (ультрафіолетові лампи або озонатор);
- обсягу і конфігурації басейнів для вирощування риби. Наприклад, – при вирощуванні осетрових основний момент – площа дна, а при вирощуванні теляпії – загальний обсяг води, відповідно для осетрових потрібні широкі і не глибокі басейни, для теляпії глибокі басейни.

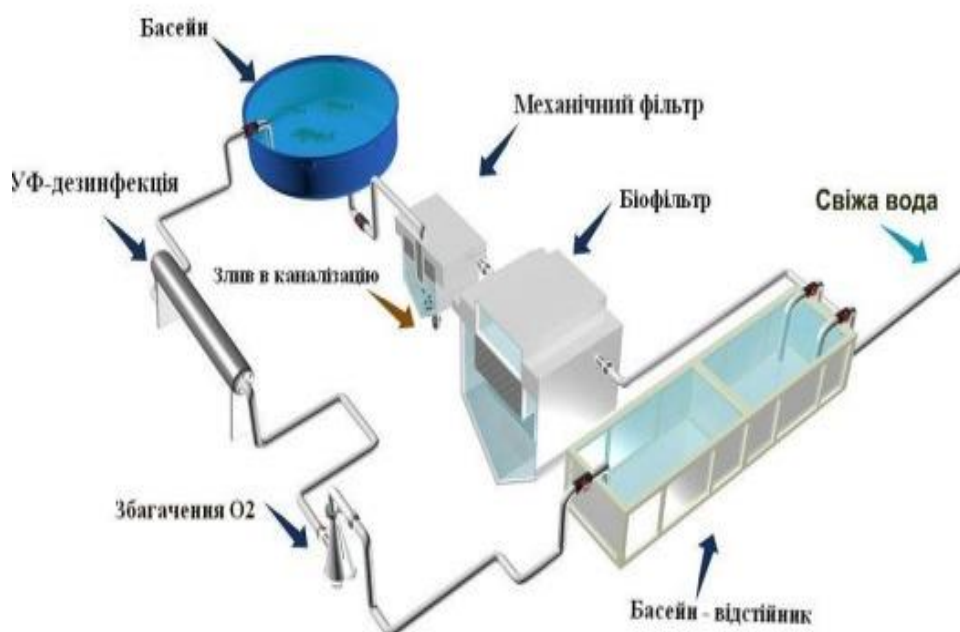


Рисунок 1.2 – Узагальнена структурна схема рециркуляційної аквакультурної системи

Існує ще маса питань, наприклад, система автогодування (окремі годівниці в кожен басейн або єдиний трубопровід з пневмоподачі кормів), також системи автоматизації та контролю якості води.

Основними показниками, що визначають придатність водойми для рибоводних цілей і підбір об'єктів культивування, є глибина, проточність, температура, вміст у воді кисню, рівень Ph , ступінь забруднення, окислюваність, вміст діоксиду вуглецю, нітритів, нітратів, амонійних сполук, сульфатів, хлоридів, а також зручність під'їзду, можливість електропостачання, наявність площ для берегових споруд.

Існує інший вид розведення риб в замкнутих водоймах – садкове рибництво, що по технології вирощування риб є дуже близьким технології рециркуляційних аквакультурних систем. Головним рибницьким обладнанням в таких господарствах є садки. Якщо господарство повносистемне, то в садках утримують цілий рік і плідникове ремонтне поголів'я, вирощують цьогоріток та товарну рибу. Якщо господарство товарне, то в садках вирощують тільки товарну рибу з придбаного посадкового матеріалу. Всі типи садків для вирощування риби поділяються

на дві великі групи: стаціонарні і плаваючі. Стаціонарні садки застосовують в водоймах з постійним рівнем води, плаваючі садки не залежать від цього.

Садкове рибництво має низку переваг. Зокрема, садкові господарства можна розміщувати безпосередньо у водоймах, у тому числі комплексного призначення, що дозволяє використовувати одні й ті ж водні ресурси як для рибництва, так і для інших галузей народного господарства. І при цьому не потрібно вилучення з обігу значних площ сільськогосподарських угідь для будівництва ставків, бо в садкових господарствах витрачається значно менше коштів, ніж у ставкових. На відміну від басейнових господарств під час вирощування риби в садках не потрібно примусового водообміну і витрати енергії на перекачування води.

Але поряд з перевагами садкового вирощування риби йому властивий ряд недоліків – це складність впливу на зовнішнє середовище (температура, живлення, рівні кисню та Ph, контроль біологічного середовища). Однак бездротові технології та засоби мікропроцесорної техніки створюють певні можливості для вирішення цих проблем, які аналогічні підходам характерним для закритих водойм.

Розглянемо основні пристрої, які використовуються в технології вирощування риби в закритих водоймах – рисунок 1.3. Як відомо, фекалії риби та інші зважені речовини, що знаходяться в оборотній воді в УЗВ очищаються фільтрами грубого очищення (рисунок 1.3а), відстійниками, циклонами, біофільтрами (рисунок 1.3б) та деякими іншими пристроями призначеними для цієї мети.

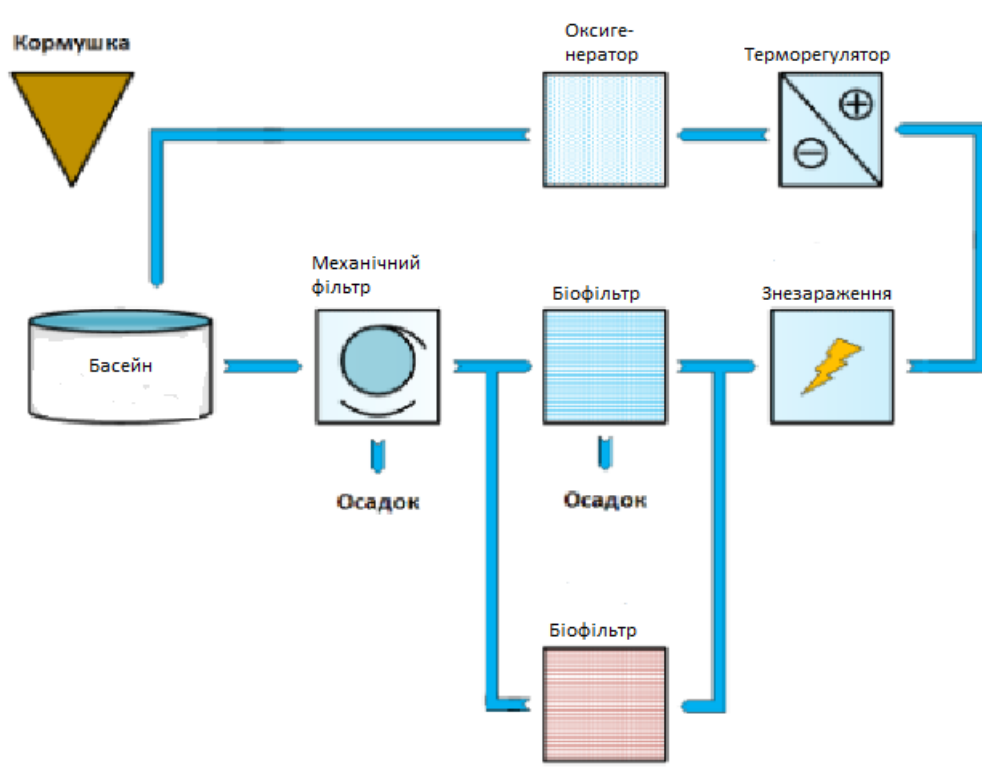


Рисунок 1.3 - Узагальнена схема функціонування системи вирощування риб в закритих водоймах

Розчинені у воді азотні сполуки, які в міру накопичення становлять небезпеку для здоров'я риб, можна видалити тільки біологічним способом, за рахунок окисного процесу в якому головну роль відіграють бактерії.



а)



б)



в)

Рисунок 1.3 – Основні компоненти для вирощування риб в закритих водоймах

Як відомо, риби при перетравленні їжі виділяють у воду фекалії та сечу, в яких у великих кількостях знаходиться аміак NH_3 . Аміак при

з'єднанні з водою перетворюється на амоній NH_4 . При його великій концентрації він стає отруйним, який паралізує зябра та риба задихається. Для нейтралізації амонію застосовуються пристрої, які називають біофільтри. Принцип біофільтра полягає в тому, що на субстраті, який є головною складовою біофільтра утворюються колонії бактерій, які при взаємодії з киснем окислюють амоній до нітриту NO_2 , а нітрит до нітрату NO_3 . Втім основну роботу в біофільтрі виконують нітрифікуючі бактерії. В роботі біофільтра задіяно багато різновидів бактерій і це досить складний процес. Процес біофільтрації можна як два основних етапи нітрифікації - окислення амонію до нітритів та окислення нітритів до нітратів.

У кожному з цих етапів бере участь свій вид бактерій, а сам процес нітрифікації відбувається зі споживанням кисню, поглинанням тепла та зниженням РН (водневого показника) води. Біофільтри мають багато різновидів.

За інтенсивної форми вирощування у ставах проводять регулярну годівлю риби гранульованими комбікормами, призначеними для риб (рецепти: 111-1 Укр.; 111-2 Укр.; 111-3 Укр.), з різним складом їх компонентів та різними харчовими властивостями. Годівлю риби розпочинають відразу ж після зариблення ставів. Наприклад, короп ефективно використовує вищезазначені корми за умови наявності у його раціоні не менше 25 – 30% природної їжі. Розрахунок у потребі комбікормів ведуть за формулою:

$$X = (P_o - P_{pr.}) * S * K,$$

де X — необхідна кількість комбікормів, кг;

P_o — загальна рибопродуктивність по коропу, кг/га;

P_{pr} — природна рибопродуктивність по коропу, кг/га, з врахуванням затрат мінеральних та органічних добрив;

S — площа ставів, га;

K — кормовий коефіцієнт комбікормів, який складає 4,7.

Годівлю риби розпочинають о 6 – 8 годині ранку, наступні порції добового раціону вносять через кожні чотири години. Прикладом сучасної автоматичної годівниці є годівниця Jebao Automatic Fish Feeder – рисунок 1.4.



Рисунок 1.4 - Автоматична годівниця Jebao Automatic Fish Feeder

Основні характеристики годівниці для риби Jebao Automatic Fish Feeder:

- Кількість годувань до 6 разів на день;
- Кількість їжі на одне годування можна встановлювати довільно;
- Можна встановити час кожного годування;
- Кнопка ручного годування;
- LED дисплей на якому відображається час і інші параметри годування;
- Об'єм контейнера для корму 5 л .;
- Індикатор низького заряду батарей.

Автоматична годівниця для риби вимагає регулярного обслуговування. Комбінація рибного корму, пилу і вологи призводить до утворення відкладень на корм. Це може привести до закупорки годівниці і наростання цвілі всередині. Тому необхідно регулярно знімати контейнер для корму, очищати корпус пристрою, обертальний диск і сам контейнер.

Автоматична годівниця для риби захищена від дощу і бризок води, але вона не повинна потрапляти у воду і під воду (це може привести до

неминучого пошкодження обладнання на яке не поширюються умови гарантії). Бажано встановити годівницю так, щоб вона перебувала на відстані 30 сантиметрів над поверхнею води. Таке розміщення допоможе уникнути потрапляння бризок від активності риби під час годування.

Годівниця для риб Jebao Automatic Fish Feeder досить легко програмується за допомогою кнопок і LED дисплея.

Широко використовуються і нагрівачі води, наприклад, Elecro Nano Splasher – рисунок 1.5. Основна перевага моделей нагрівачів даної фірми - швидкий монтаж і повна готовність до роботи. Все що необхідно - це просто подати промислову напругу. В електричних нагрівачах Elecro використовуються титанові спіралеподібні тенти, які створюють воронкоподібну траєкторію потоку води, що виключає появу накипу. Нагрівачі Nano Splasher дуже прості в установці і забезпечують бездоганне рішення для нагріву води у закритих водоймах. Підходять для солоної і морської води.



Рисунок 1.5 - Нагрівач води Elecro Nano Splasher

Промисловістю випускаються і комплексні рішення для моніторингу і управління водним середовищем. Провідними фірмами виготовляється ряд автоматизованих систем для моніторингу стану водойм. Серед них виділяється недорога автоматизована система допомоги [3]. Тут для визначення забруднення води використовуються наступні датчики: температури, рівня pH та датчик каламутності. Головною метою автора було зробити систему якомога економнішою, у нього не було датчика для вимірювання рівня вмісту аміаку, який також небезпечний для риб, якщо він

перетинає нижню межу. Ця система також не має системи автоматизації процесу годування.

Система моніторингу Home Aquarium Monitor фірми Seneeye приведена на рисунку 1.6. Дана система контролює температуру води, рівень pH та аміаку (NH_3). Для моніторингу стану води воду та збереження показань, пристрій потрібно підключити до джерела живлення.



Рисунок 1.6 - Система моніторингу Seneeye Home Aquarium Monitor

Існує також версія системи Seneeye, що включає лічильник світла, який відстежує кількість і якість світла. Переваги системи: - простота, можливість роботи в прісноводних та морських середовищах.

Недоліки:

- не керує жодними пристроями;
- дорогі розхідні комплектуючі, потребують постійної заміни.

Відомо також продукт Neptune Systems APEX – рисунок 1.7. Система Арах відстежує та контролює найважливіші параметри в водному середовищі. Система Арах може легко масштабуватися.



Рисунок 1.7 – Neptune Systems APEX 15

Пристрій можна програмувати через клавіатуру, комп'ютер або інший «smart» пристрій. APEX контролює температуру, рівень *pH* зі створенням відповідного графіку. Нижче наведено огляд основних завдань. До основного контролера можна підключати різні модулі, що забезпечують багатофункціональність. Серед спеціалізованих функцій APEX за потреби можна використовувати пристрої для:

- автоматичної заміни води;
- автоматичної подачі рідких і сухих кормів;
- бездротове керування світлодіодним освітленням;
- автоматичне виявлення витoku води та сповіщення;
- моніторинг розчиненого кисню.

Переваги системи:

- масштабованість системи моніторингу та контролю;
- доступно багато пристроїв APEX;
- програмування та управління через комп'ютер або клавіатуру;
- сумісна з різними світлодіодними лампами та водяними насосами.

До недоліків слід віднести складність системи при використанні додаткових пристроїв та орієнтація на використання в невеликих водоймах (рифові акваріуми), а не для промислового виробництва рибної продукції.

Розглянуте технологічне обладнання дозволяє в певній мірі підтримувати оптимальні умови для забезпечення здоров'я риб та

максимізації виробництва. Однак при цьому слід відмітити, що для більш повної автоматизації процесу функціонування закритих водойм доцільно вдосконалити систему збору інформації та забезпечення автоматичного як контролю, так і підтримання оптимального стану водойм для інтенсифікації рибництва є актуальним.

1.3 Перспективи автоматизації процесів моніторингу та управління

Автоматизація процесів моніторингу та управління вирощуванням риб може значно поліпшити ефективність аквакультури та зробити її більш стійкою та прибутковою. Ось деякі перспективи автоматизації в цій сфері:

- встановлення сучасних сенсорів для вимірювання параметрів води, таких як температура, рівень кисню, рівень pH , концентрація амонію тощо. Ці дані можуть автоматично надходити до системи моніторингу через мережу Інтернету речей (IoT). На основі цих даних здійснюють автоматичне керування фільтрацією та аерацією;
- контроль за умовами росту риб - автоматичне регулювання температури та освітлення. Використання систем автоматичного керування цими параметрами для забезпечення оптимальних умов для росту риб;
- системи живлення - автоматичне подавання корму за розкладом або відповідно до потреб риб та аналіз стану годівниць;
- моніторинг здоров'я риб - використання відеоспостереження для виявлення ознак хвороб чи стресу. Аналіз відео може використовувати алгоритми машинного навчання для автоматичного виявлення проблем.
- автоматизація процесу збору та обробки даних за рахунок ведення баз даних;
- застосування автоматизованих систем збору риби: Розробка роботів чи

автоматизованих систем для збору готової продукції без стресу для риб.

Автоматизація у сфері вирощування риб може поліпшити якість продукції, зменшити витрати та зробити процес екологічно чистішим. Однак важливо також враховувати аспекти забезпечення безпеки даних, відповідності нормам та стандартам експлуатації аквакультури.

1.4 Визначення вимог до проектованої системи

Постановка задачі по реалізації автоматизованої системи передбачає вирішення наступних питань:

- визначення мети вимірювання і параметрів, які потрібно виміряти. Визначення точності і надійності вимірювань. Вибір методу вимірювань і вимірювальних засобів.
- визначення процесів, управління якими планується автоматизувати та вибір методу управління.

При проектуванні апаратної частини потрібно виконати наступні роботи:

- розробку електричних схем і блок-схем вимірювального пристрою;
- вибір сенсорів, перетворювачів, комп'ютеризованої платформи для реалізації вимірювань;
- розробка алгоритмів обробки сигналів та керування вимірювальною системою.

Розробка програмного забезпечення для управління технологічними процесами вирощування риб в закритих водоймах має наступні етапи.

- обґрунтування та вибір середовища розробки програмних скетчів
- реалізація алгоритмів обробки отриманих даних.
- визначення інтерфейсів для взаємодії з системою моніторингу та актуаторами.

Ці етапи можуть варіюватися залежно від конкретного проекту та його характеристик. Успішне проектування вимірювальних систем вимагає системного підходу та уважного врахування всіх аспектів створення системи.

В результаті аналізу процесу аквакультури замкнутих водойм, проведеного в розділі 1.1, розгляду особливостей технологічного процесу вирощування рибної продукції та аналізу існуючих на ринку автоматизованих систем та врахування перспектив розвитку рибної галузі закритих сформулюємо основні вимоги до проектованої системи.

Для реалізації системи потрібно здійснити апаратно-програмну розробку модулів, що забезпечать реалізацію наступних функцій:

- контроль температури;
- автоматичну підгодівлю риб та контроль за станом годівниць на основі контролю їх ваги;
- контроль рівню pH та забезпечення автоматичного внесення розчинів, що нормалізують параметри водного середовища;
- контроль рівня нітратів (аміаку) та управління процесом заміни механічних та біофільтрів та злив/поповнення води;
- контроль рівню кисню та управління аераторами.

Реалізація поставлених задач проводиться в наступних розділах.

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ЗАКРИТИХ ВОДОЙМ

2.1 Розробка структури проекрованої системи

Сучасна інформаційна система рибництва передбачає застосування комплексу програмно-апаратних засобів та складної системи обробки інформації, отриманої не тільки шляхом ручного введення (нормуючі параметри), а й на підставі даних автоматичного вимірювання. В загальному випадку до процесів обробки інформації слід віднести: автоматизований збір, перетворення, агрегування, зберігання, передачу та подання (візуалізація). Результатом такої обробки є надання достовірної інформації для потреб повноцінного управління. Це інформація для підтримки прийняття рішень на операційному рівні (процедури автоматичного управління), а також інформація, на підставі якої формуються керуючі впливи та команди, що надходять на реальний об'єкт управління і потребують втручання операторів.

Апаратно - програмні засоби, що забезпечують технічну реалізацію автоматизованих систем управління, повинні відповідати сучасним вимогам уніфікації та стандартизації, конструктивної, метрологічної та експлуатаційної сумісності, принципів модульної побудови. При виконанні цих вимог забезпечується надійність побудованої на основі цих засобів автоматизованої системи, достовірність та оперативність в отриманні інформації.

Для побудови автоматизованої системи пропонується використати ієрархічну структуру (рисунок 2.1), що складається з апаратно - програмних пристроїв, що взаємодіють між собою певним чином і різняться призначенням, функціональністю, колом розв'язуваних задач та часом актуалізації (тобто періодом оновлення інформації, при якому відбуваються

помітні зміни стану).

При цьому передбачається, що частина задач по вирощуванню риби виконується автоматично. Це задачі управління температурою, зливом/поповненням води. Інформація ж про наповнення та контроль годівниць (залипання корму при потраплянні води), заміну чи поповнення фільтруючих комплектуючих (механічні та біофільтри), ручне внесення хімічних сумішей при коливанні рН (в залежності від рівню кислотності) повинна формуватися на серверному рівні автоматизованої системи.



Рисунок 2.1 – Узагальнена структура автоматизованої системи

Як видно з рисунку 2.1, автоматизовану систему управління аквасистемою пропонується виконати на основі дворівневої структури. На нижньому рівні пропонується розробка спеціалізованих інформаційно-

керуючих модулів. Їх завданням буде збір первинної інформації, первинна обробка та формування керуючих впливів на актуатори. На верхньому рівні пропонується зберігання інформації, відповідна обробка та формування сигналів управління оператору (працівникові) для виконання більш складних операцій.

Основою роботи є збір вимірювальної інформації, який включає в себе декілька основних підходів та етапів. Нижче представлено деякі основні принципи і методи, які можна використовувати при розробці таких систем:

- визначення вимог:
 - визначення точності та роздільної здатності вимірювань.
 - визначення часових характеристик (частота оновлення даних, затримка).
 - визначення обсягу інформації, яку необхідно збирати та обробляти.
- вибір вимірювальних пристроїв:
 - вибір датчиків та вимірювальних пристроїв, які відповідають вимогам системи.
 - розгляд можливостей використання аналогових та цифрових пристроїв.
- проектування апаратної частини:
 - розробка схеми підключення датчиків та пристроїв.
 - розгляд можливостей використання мікроконтролерів чи спеціалізованих пристроїв.
- програмне забезпечення:
 - розробка програмного забезпечення для зчитування та обробки даних.
 - визначення алгоритмів обробки та зберігання отриманих даних.
- збір та зберігання даних.
- контроль та калібрування.
- інтеграція з іншими підсистемами та технологічним процесом.

В загальному випадку схема збору інформації приведена на рисунку

2.2.

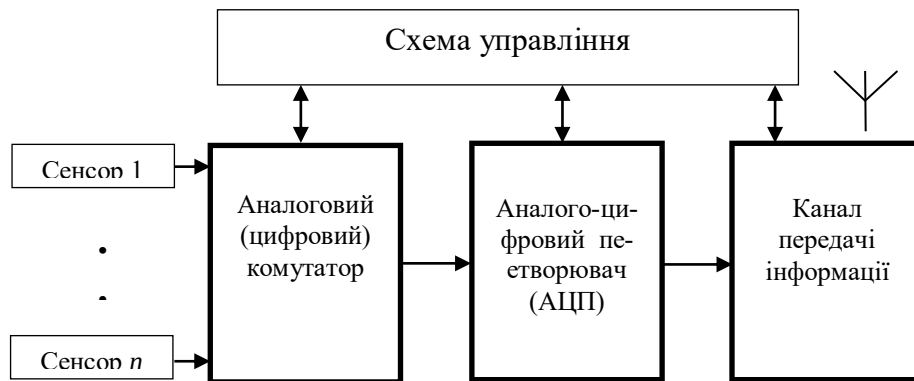


Рисунок 2.2 – Структурна схема спеціалізованого модуля збору даних 1 типу

Передбачається, що даний спеціалізований модуль 1 типу, який здійснюватиме циклічне опитування сенсорів та передавати інформацію на сервер. Його особливістю є те, що реалізація керуючих впливів на роботу аквакультури не може бути виконана автоматично, а потребує виконання зовнішніх механічних робіт.

Для автоматичного управління певними параметрами водного середовища розроблено функціональну схему роботи спеціалізованого модуля 2 типу, який на основі інформації про параметри басейнів формуватиме сигнали управління актуаторами – рисунок 2.3.

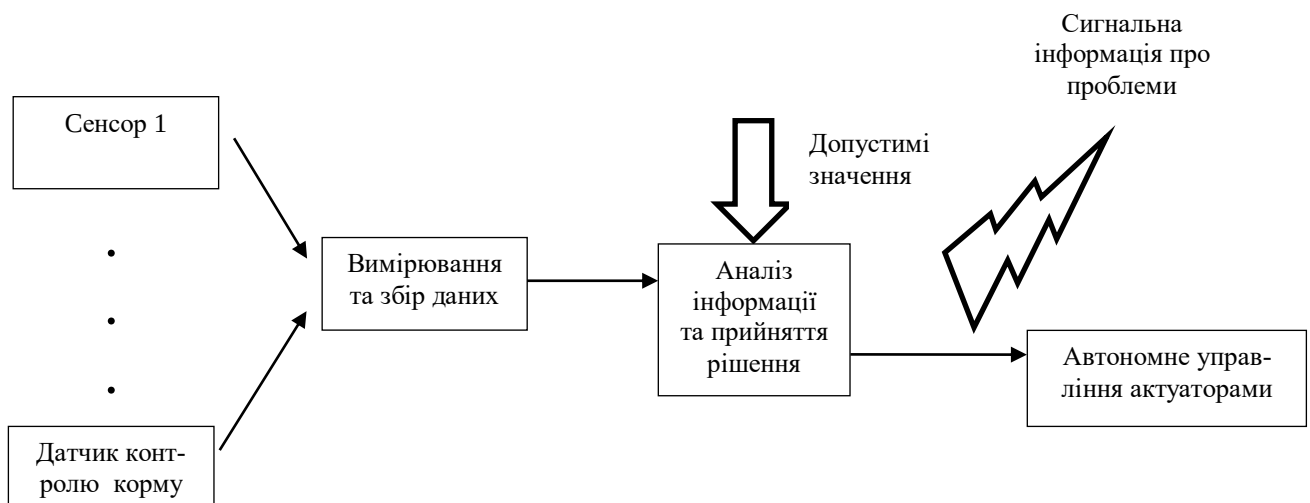


Рисунок 2.3 – Функціональна схема спеціалізованого модуля 2 типу для автономного управління актуаторами

Разом з тим, інформація про стан водойм теж передається на сервер. Вона може послужити основою для реалізації більш складних алгоритмів аналізу, оскільки відхилення одного параметру може впливати на показники іншого.

Таким чином, розроблена в даному розділі структура автоматизованої системи та 2-х типів спеціалізованих модулів послужить основою для програмно-апаратної реалізації в наступних розділах.

2.2 Вибір обладнання для реалізації проектованої автоматизованої системи

Завданням даного розділу є вибір апаратного забезпечення, зокрема, сенсорів та пристроїв управління актуаторами. При цьому передбачається, що в склад спеціалізованого модуля 1 типу будуть входити такі сенсори, які формують інформацію про параметри, регулювання значень яких потребує виконання механічних робіт по заміні розхідних матеріалів чи усунення несправностей.

Стосовно спеціалізованого модуля другого типу, в його склад повинні входити сенсори, покази яких можна безпосередньо використати для управління актуаторами за допомогою апаратних драйверів.

2.2.1 Модуль моніторингу та алгоритм його роботи

Завдання даного розділу є аналіз технологічних процесів підтримання закритих водойм в умовах сприятливих для вирощування риб за рахунок використання механічних зусиль. Такими процесами є, зокрема, управління

рівнем pH (кислотності). Регулювання pH здійснюється різними методами;

1. Додавання розчинів кислот або лугів: Додавання кислот або лугів до води дозволяє змінити її pH . Наприклад, додавання кислоти (зазвичай сірчаної або фосфорної) може знизити рівень pH , а лугів (таких як гідроксид натрію або вапняк) можуть підняти його.

2. Використання буферних розчинів: Буфери допомагають утримувати стабільний рівень pH в системі, адсорбуючи зміни кислотно-лужного балансу. Такі буфери можуть включати розчини карбонатів, боратів.

Як видно з приведенного опису внесення цього типу хімічних добавок потребує ручної праці.

Наступним видом параметру, що потребує ручної праці є управління процесом механічного та біологічного очищення води.

Механічне очищення води в аквакультурі є важливою складовою процесу управління водним середовищем для забезпечення здоров'я та добробуту риб та інших водяних організмів. Цей процес спрямований на вилучення різних часток та забруднень з води, щоб підтримувати оптимальну якість середовища для росту та розвитку риб.

Основні методи механічного очищення води в аквакультурі включають:

Механічні фільтри:, які використовуються для утримання твердих частинок, таких як шматочки їжі, відходи риб та інші сміття. Це може бути гравійний, пісчаний чи сітчастий фільтри.

Біологічні фільтри: Вони сприяють зниженню рівня аміаку та інших шкідливих речовин, перетворюючи їх на менш токсичні речовини. Біологічні фільтри зазвичай використовують бактерії для цього процесу.

Механічне очищення води в аквакультурі може бути ефективним заходом для підтримання чистоти води та запобігання захворюванням риб. Важливо вибрати ті методи, які відповідають конкретним умовам вирощування та типу аквакультурного об'єкту. Проведення робіт по

очищенню фільтрів чи їх заміни потребує ручної праці і не може бути здійснено автоматично.

І нарешті третім процесом, що потребує втручання працівників є контроль за станом автоматичних годівниць. Вологе середовище може спричинити набрякання корму та його налипання, тому контроль в часі за вагою годівниць може свідчити про ці явища і викликати відповідні дії по очищенню годівниць.

Для контролю рівню pH доцільно використати аналоговий датчик/вимірювач pH V2 фірми DFRobot Gravity (рис. 2.4) для відображення кислотності або лужності. Зазвичай він використовується в різних додатках, таких як аквапоніка, аквакультура і тестування води в навколишньому середовищі.



Рисунок 2.5 – Датчик рівню pH

Технічні характеристики датчика:

Напруга живлення: 3,3 ~ 5,5 В;

Вихідна напруга: 0 ~ 3,0 В;

Роз'єм датчика: BNC;

Сигнальний роз'єм: PH2. 0-3P;

Точність виміру: $\pm 0.1@25$;

Тип зонду: лабораторний

Діапазон виявлення: 0 ~ 14.

Точність виміру $\pm 0.1@25$ означає наскільки близько виміряне значення наближено до справжнього значення величини. Значення ± 0.1 вказує на діапазон допустимої похибки вимірювання. @25 вказує на умови вимірювання. Тут 25 означає температуру, і це означає, що зазначена точність може бути застосована при температурі 25 градусів Цельсія. Таким чином, фраза говорить про те, що точність виміру даного приладу становить ± 0.1 одиниці за умови, що виміри здійснюються за температури 25 градусів Цельсія.

Вбудована мікросхема стабілізатора напруги дозволяє використовувати джерело напруги від 3,3 до 5,5 В, який сумісний з основною платою управління. Вихідний сигнал, відфільтрований апаратно, має низький рівень цифрового шуму. У бібліотеці програмного забезпечення використовується метод двоточкового калібрування, яке автоматично визначає два стандартні буферні рішення (4.0 та 7.0). Даний датчик доцільно використовувати з платою керування з сімейства Arduino та відповідною бібліотекою програмного забезпечення

Варіант підключення датчика приведено на рисунку 2.6.

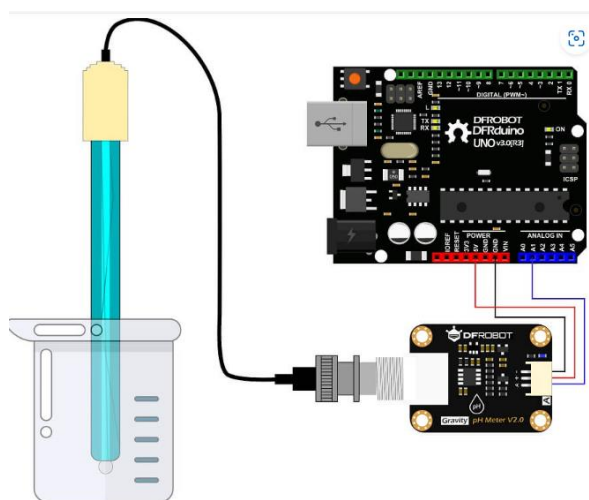


Рисунок 2.6 - Схема підключення датчика pH

Особливістю підключення датчика pH є те, що виводи VCC та GND з'єднуються відповідно виходами живлення та землі, а інформаційний вихід з аналоговим входом плати Ардуіно.

Для вимірювання рівню забруднення водного середовища, а значить оцінювання якості роботи механічних та біофільтрів використовують датчик TDS фірми DFRobot Gravity. Він у своїй основі є вимірювачем електричного заряду: два електроди розташовуються у воді паралельно один навпроти одного та використовуються для вимірювання заряду. Результат інтерпретується TDS-метром і конвертується у проміле. Схема підключення датчика приведено на рисунку 2.7.

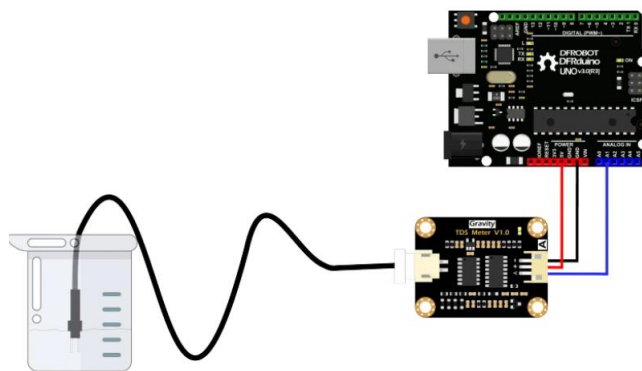


Рисунок 2.7 - Схема підключення датчика TDS

Як видно з даної схеми це підключення аналогічне до підключення датчика pH .

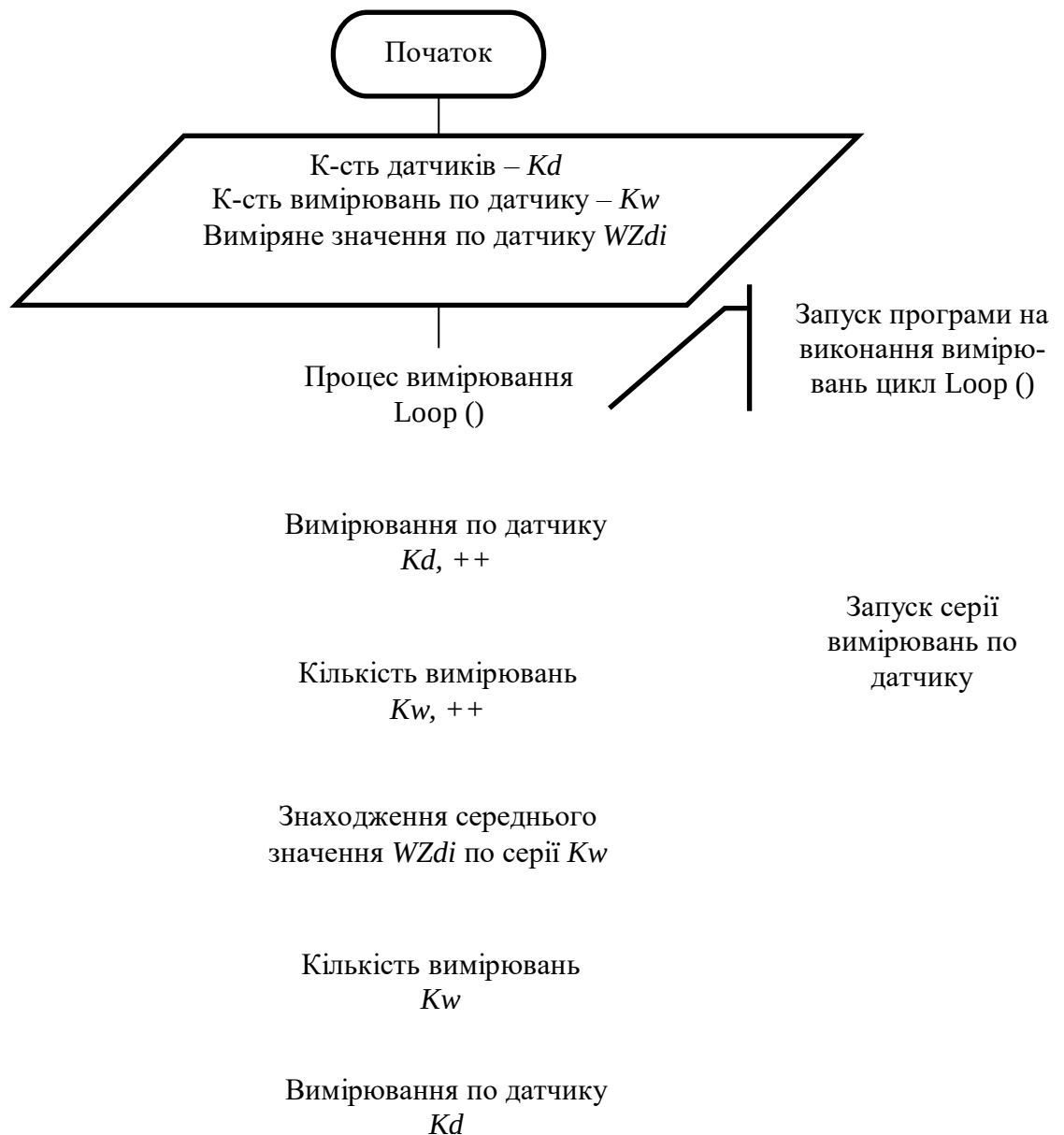
Третім видом сенсора, який використовується для контролю витрату корму є тензометричний датчик ваги на 20кг. Він перетворює величину деформації в електричний сигнал. Датчик являє собою прямокутний брусок з алюмінієвого сплаву. На його бічні поверхні нанесені тонкоплівкові резистори, з'єднані по мостовій схемі, тому резистивний датчик має 3 гнучких виводи – рисунок 2.8.



Рисунок 2.8 – Тензометричний датчик ваги

Схема підключення тензометричного датчика до плат контролера Ардуіно аналогічна попереднім.

Наступним кроком є функціонування підсистеми збору даних за допомогою спеціалізованого модуля 1 типу, яке представлено блок-схемою – рисунок 2.9.



**Рисунок 2.9 - Збір та зберігання інформації отриманої від сервера 1 типу
на сервері**

Як видно з блок-схеми – рисунок 2.9 спеціалізований модуль функціонує циклічно і в процесі проходить вимірювання параметрів водного середовища та передача їх в базу даних сервера.

2.2.2 Модуль управління та алгоритм його роботи

В даному розділі розглянемо апаратне забезпечення спеціалізованого модуля 2 типу та алгоритм його роботи. Згідно з особливостей технологічного процесу вирощування риби в аквакультурі (розділ 1.2) та структури автоматизованої системи даний модуль призначений для збору інформації та здійснення автономного управління (регулювання) параметрів водного середовища самостійно. При цьому передбачається здійснення загального контролю за цими параметрами за рахунок передачі їх значень в базу даних сервера.

Цими параметрами є температура та рівень кисню. Процес моніторингу та управління для даного спеціалізованого модуля розглянемо на прикладі блок-схеми обробки інформації, приведеному на рисунку 2.10. Проводиться циклічне вимірювання температури та рівню кисню водного середовища. Для зменшення рівня шуму у виміряних даних вводимо в процес обробки інформації процес усереднення. Автоматизоване автономне управління температурою та рівнем кисню виконується шляхом порівняння з допустимими значеннями. При перевищенні виміряного значення допустимої межі спеціалізований модуль формує сигнал включення потужного реле, за

допомогою якого живлення подається нагрівач води чи аератор.

Разом з тим значення вимірних параметрів передається в базу даних сервера.

Початок

К-сть датчиків – Kd
К-сть вимірювань по датчику – Kw
Виміряне значення по датчику Zdi ,
Граничне значення Gdi

Запуск програми на
виконання вимірю-
вань цикл Loop ()

Процес вимірювання
Loop ()

Вимірювання по датчику
 $Kd, ++$

Запуск серії
вимірювань по
датчику

Кількість вимірювань
 $Kw, ++$

Знаходження середнього
значення $WZdi$ по серії Kw

Кількість вимірювань
 Kw

Вимірювання по датчику
 Kd

$Zdi < Gdi$

Вивід
керуючих
сигналів

Зберігання WZd в БД сервера

Рисунок 2.10 – Блок-схема обробки інформації спеціалізованим модулем 2 типу

Для контролю температури використаємо DS18B20 (рис. 2.3) – це цифровий температурний датчик з великою кількістю функцій. По суті, DS18B20 – це теж мікроконтролер, який може зберігати значення вимірювань, сигналізувати про вихід температури за встановлені межі, міняти точність вимірювань, спосіб взаємодії з контролером. Мікросхема має три виходи, з яких для даних використовується тільки один, два інших – нуль та живлення. Число дротів можна скоротити до двох, якщо використовувати схему з паразитних живленням та з'єднати Vdd з нулем. До одного дроту з даними можна підключити одразу декілька датчиків DS18B20. Рисунок 2.3 – DS18B20 Технічні характеристики датчика:

- червоний дріт – VCC (живлення);
- жовтий дріт – DATA (дані);
- чорний дріт – GND (земля);
- робоча напруга дані/живлення від 3В до 5.5В;
- точність $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ в діапазоні -10°C до 85°C ;
- робочий діапазон температур від -55°C до 125°C ;
- вибір 9- чи 12-бітної розрядності; – інтерфейс 1-Wire;
- унікальний 64-бітний ID в кожному чіпі;
- паралельне включення сенсорів;
- зонд з нержавіючої сталі діаметром 6 мм і довжиною 50 мм;
- кабель діаметром 4 мм і довжиною 100 см.

Загальний вигляд датчика у виконанні та схеми його підключення для вимірюванні температури води приведено на рисунку 2.11. В результаті

обробки вимірної інформації відбувається управління нагрівачем води Electro Nano Splasher (рисунок 1.5).

Наступним процесом управління станом аквакультури є процес підтримання належного рівня кисню у водоймах. Для цього використовується датчик рівня кисню Analog Dissolved Oxygen Sensor – рисунок 2.12. Зонд є гальванічним, не потребує часу поляризації та залишається доступним у будь-який час.

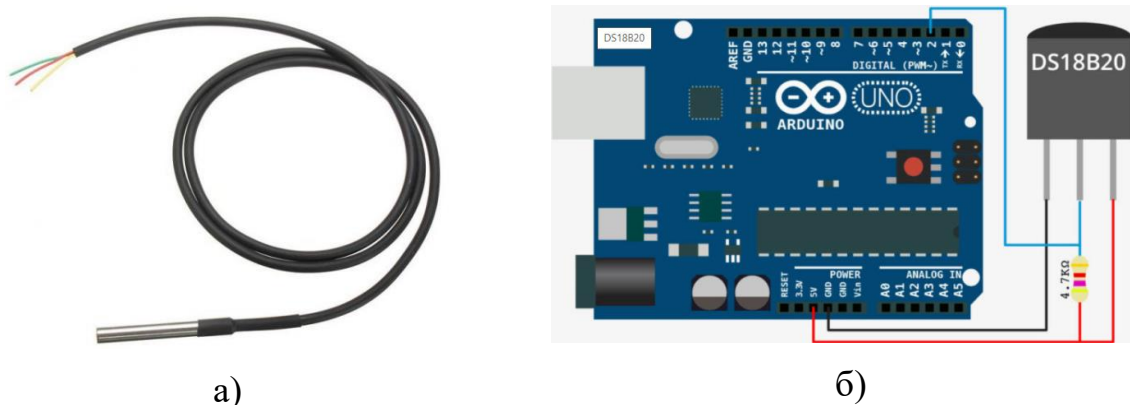


Рисунок 2.11 – Датчик вимірювання температури DS18B20 - а) та схема його підключення – б)

Розчин для наповнення та кришка мембрани замінні, що забезпечує низьку вартість обслуговування. Плата перетворювача сигналу працює за принципом «підключай і працюй» і працює від 3,3 В до 5 В, що робить її сумісною з більшістю популярних мікроконтролерів, таких як ESP32, Raspberry Pi і Arduino.

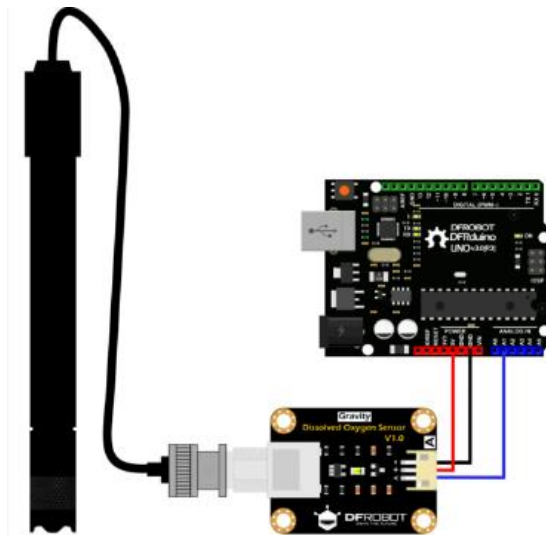


Рисунок 2.12 – Аналоговий датчик рівня кисню Analog Dissolved Oxygen Sensor та схема його підключення

Включення актуаторів (підігрівач води, оксигенатор), які розглядалися в розділі 1.2 пропонується здійснювати за допомогою потужного реле, яке працюватиме за принципом включити/виключити. В його ролі пропонується використати 1-канальний реле модуль 30A (високий/низький рівень керування) – рисунок 2.13. Потужний 30A одноканальний реле модуль 1 Relay Module High/Low Level Trigger із вбудованою оптичною розв'язкою, а також зі схемою, що дозволяє перестановкою джампера вибирати полярність сигналу керуючого між логічною одиницею (5V) або нулем (0V, GND).

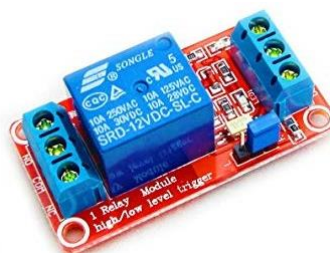


Рисунок 2.13 - Одноканальний реле модуль 1 Relay Module High/Low Level Trigger

Реле може використовуватися керувати навантаженнями як постійного, і змінного струму. Максимальний струм навантаження – 30A. Силова частина реле має три контакти – загальний (COM), нормально закритий (NC)

та нормально відкритий (NO). Параметри даного реле дозволяють забезпечити роботу нагрівачів води та оксигенаторів.

2.3 Розробка апаратного забезпечення спеціалізованих модулів

Основою апаратної реалізації спеціалізованих модулів 1 та 2 типу є мікроконтролерна платформа. Аналіз існуючих мікроконтролерних платформ передбачає розгляд різних аспектів, таких як характеристики апаратної частини, можливості програмування, вартість, споживана енергія, технічні та функціональні параметри. Однак без конкретного контексту важко визначити, які саме платформи слід порівнювати. Розглянемо загальний підхід до аналізу мікроконтролерних платформ:

- архітектура та характеристики - розробницькі платформи (наприклад, Arduino, Raspberry Pi, STM32, AVR) мають різні архітектури та характеристики. Деякі призначені для простих завдань, інші - для більш складних.
- можливості програмування - деякі платформи підтримують мови вищого рівня, такі як Python, що полегшує розробку. Інші можуть бути більш орієнтовані на низькорівневе програмування мовами, такими як C або Assembly.
- середовище розробки - якість середовища розробки може значно впливати на швидкість та зручність розробки. Є платформи з власними IDE, а інші підтримують використання різних IDE за вибором користувача.
- споживана енергія - якщо енергоефективність є важливим фактором (наприклад, для портативних пристроїв або систем живлення від батарей), слід оцінювати, як ефективно платформа використовує енергію.
- інтеграція з іншими пристроями - деякі платформи мають вбудовані можливості для комунікації з іншими пристроями через різні інтерфейси

(наприклад, I2C, SPI, UART, Wi-Fi), що може бути важливим для конкретних застосувань.

- вартість та доступність - вартість мікроконтролерних платформ може різнитися значно. Також слід враховувати доступність компонентів та підтримку спільноти розробників.

- наявність документації та підтримка - якість документації та рівень підтримки від виробника або спільноти розробників можуть суттєво впливати на швидкість розробки та вирішення можливих проблем.

- розширюваність - деякі платформи можуть бути легко розширені за допомогою додаткових модулів або шин розширення. Це важливо для проектів, які можуть змінюватися або розвиватися з часом.

Загалом, перед вибором мікроконтролерної платформи важливо визначити вимоги конкретного проекту та обирати платформу, яка найкраще відповідає цим вимогам.

В результаті аналізу структурної та функціональних схем спеціалізованих модулів, що розглядалися в розділі 2.1, в ролі апаратної платформи для їх побудови доцільно використати плату розробника ESP32-WROOM-32 фірми Arduino – рисунок 2.14.



Рисунок 2.14 – Комп’ютерна платформа розробника
ESP32-WROOM-32 DevKit v1

Комп'ютерна платформа розробника ESP32-WROOM-32 DevKit v1 – це мікроконтролер та модулі Bluetooth та WiFi одночасно. ESP32 DevKit v1 використовується для програмування функцій контролю та управління в проектах, де потрібне використання мікроконтролерів або можливе підключення до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері. Плата розробника ESP32 DevKit v1 створена на базі 2-ядерного процесора Xtensa Dual-Core 32-bit LX6, який працює із тактовою частотою 80, 160 або 240 МГц. ESP32 DevKit v1 має 520 Кбайт оперативної пам'яті, 448 Кбайт флеш-пам'яті. Плата розробника ESP32 DevKit v1 оснащена Bluetooth та WiFi модулями:

- Bluetooth специфікації 4.2 з функціями BR/EDR та Low Energy;
- WiFi стандарту IEEE 802.11b/g/n/e/i, вбудований стек TCP/IP, безпека WPA, WPA/WPA2 та WAPI на частоті 2,4 ГГц зі швидкістю до 150 Мбіт/с.

ESP32 DevKit v1 також оснащена периферійними інтерфейсами та пристроями. До них входять 12 бітове АЦП до 18 каналів, 8 бітний 2 канальний ЦАП, датчик температури, 4xSPI, 2xI²S, 2x I²C, 3xUART, Ethernet контролер, CAN 2. eMMC/SDIO, ведений SDIO/SPI, інфрачервоний приймач, ШІМ до 16 каналів, датчик Холла, аналоговий підсилювач, шифрувальники, хешери, генератор випадкових чисел. Плата розробника ESP32 DevKit v1 має 30 виводів. Розпінування плати розробника ESP32 DevKit v1 приведено на рисунку 2.15.

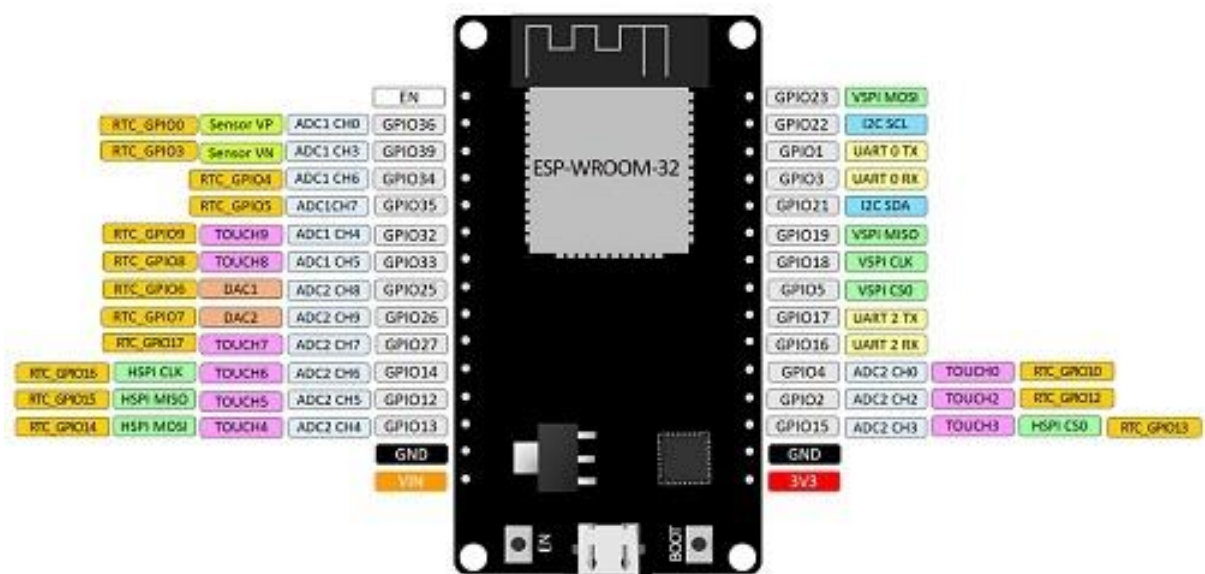


Рисунок 2.15. - Розпінування плати розробника ESP32 DevKit v1

Для використання ESP32 DevKit v1 потрібно підключити його до USB порту комп'ютера за допомогою кабелю USB тип A – microUSB тип B (до комплекту поставки не входить). Операційна система комп'ютера визначить пристрій як віртуальний порт COM. Після подачі живлення на платі контролера горітиме червоний світлодіод (індикація живлення). ESP32-WROOM-32 можна програмувати у різних середовищах розробки: Arduino IDE, PlatformIO, Espressif IDF (IoT Development Framework), Micropython, JavaScript, LUA.

Підключення датчиків, які використовуються для моніторингу та управління закритими водоймами здійснюється до одного з восьми аналогових входів АЦП платформи ESP 32 WROOM 32 Dev Kit v1:

- ADC1_CH0 (GPIO 36)
- ADC1_CH1 (GPIO 37)
- ADC1_CH2 (GPIO 38)
- ADC1_CH3 (GPIO 39)
- ADC1_CH4 (GPIO 32)
- ADC1_CH5 (GPIO 33)

ADC1_CH6 (GPIO 34)

ADC1_CH7 (GPIO 35)

Особливістю роботи АЦП є те, що контакти ADC2 не можна використовувати під час використання Wi-Fi. Вхідні канали АЦП мають роздільну здатність 12 біт. Це означає, що ви можете отримати аналогові показання в діапазоні від 0 до 4095, в яких 0 відповідає 0, а 4095 - 3,3 В.

Детальніша схема підключення датчиків не приведена через труднощі з моделюванням схеми даного мікроконтролера в середовищах Multisim, Proteus, Fritzing та аналогічних.

Враховуючи, що функції підключення сенсорів, аналого-цифрового перетворення, первинної обробки інформації та забезпечення можливості передачі даних на сервер суміщені в комп'ютеризованій платформі розробника ESP32 DevKit v1, то наступним кроком буде розробка програмного забезпечення (скетчів) для спеціалізованих модулів автоматизованої системи моніторингу та управління процесів вирощування риби в замкнутих водоймах.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Вибір програмного забезпечення та розробка програми моніторингу стану закритих водойм

Для програмування мікроконтролера ESP32 зручно використовувати відносно просте в освоєнні та сучасне середовище розробки програмного забезпечення Arduino Integrated Development Environment (Arduino IDE). В даному середовищі розробляють програми для мікроконтролерів (скетчі) мовами програмування C та C++ з використанням готових програмних модулів – рисунок 3.1.

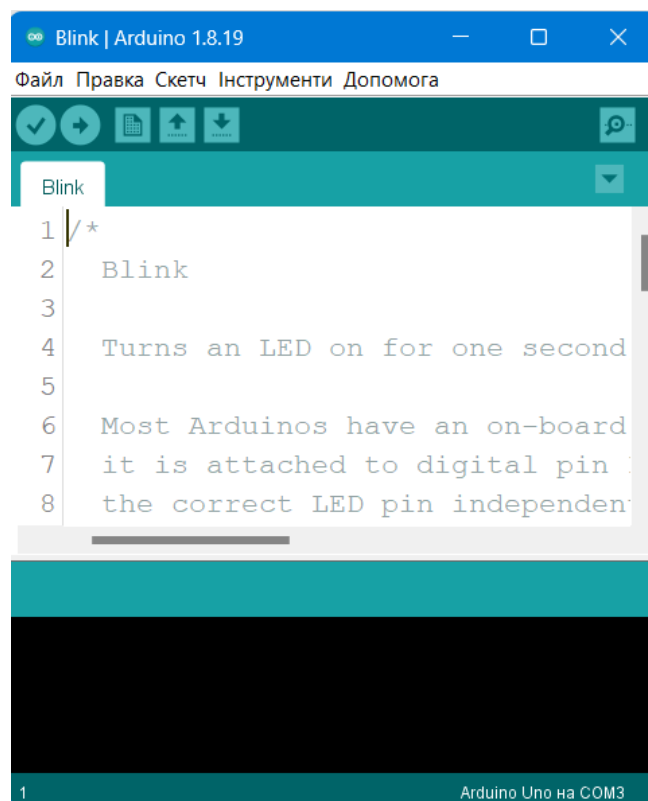


Рисунок 3.1 – Середовище Arduino IDE

Також надається можливість виводу даних у послідовний порт під час програмування та компіляції. Arduino IDE можна завантажити з офіційного сайту постачальника та розробника Arduino разом із необхідними

бібліотеками для взаємодії з різними інтерфейсами та датчиками. Процес розробки програмного забезпечення для плати розробника ESP32 передбачає виконання ряду підготовчих етапів.

Загальний підхід передбачає:

1. встановлення Arduino IDE з офіційного сайту Arduino.
2. додавання підтримки для ESP32:
 - відкрийте Arduino IDE;
 - перейдіть в меню "File" -> "Preferences";
 - у полі "Additional Boards Manager URLs" вставте наступне:
https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json;
 - натисніть "OK".
3. Встановлення підтримки для ESP32:
 - перейдіть в меню "Tools" -> "Board" -> "Boards Manager" (рисунок 3.2);
 - введіть "ESP32" в полі пошуку (рисунок 3.3);
 - знайдіть пакет "esp32" в списку інсталяції та встановіть його.
4. Вибір плати ESP32:
 - після встановлення пакету перейдіть в меню "Tools" -> "Board";
 - оберіть "ESP32" або іншу плату ESP32, яку ви використовуєте, зі списку та відповідно версію (рисунок 3.4).
5. Вибір COM-порту:
 - знову у меню "Tools" виберіть правильний COM-порт для вашого ESP32.
6. Перевірка з'єднання:
 - завантажте простий скетч (програму) для перевірки роботи плати, наприклад, "File" -> "Examples" -> "01.Basics" -> (наприклад), "Blink";
 - натискайте кнопку "Upload" (стрілка) для завантаження коду на ESP32.

Після цих кроків ваша Arduino IDE повинна бути налаштована для

роботи з платою ESP32.

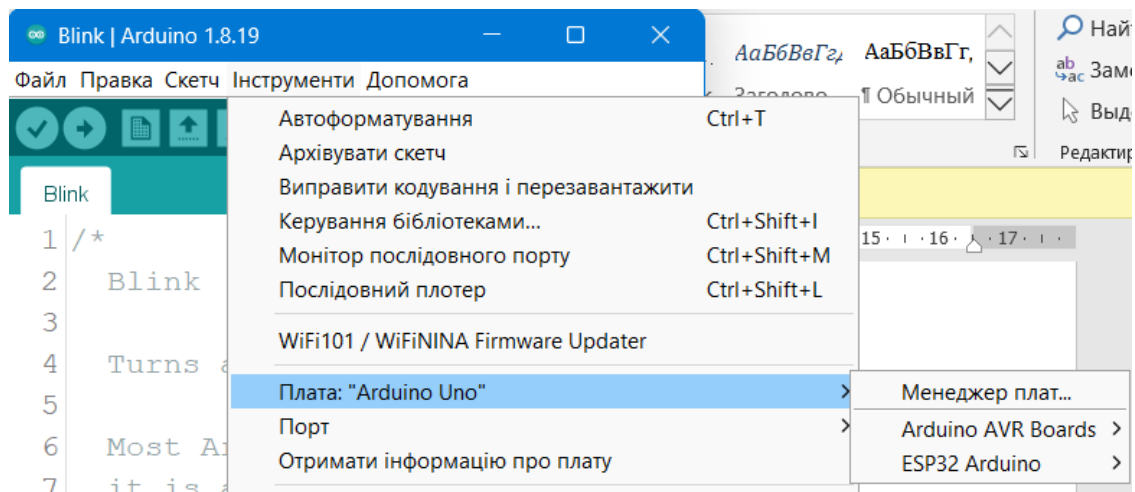


Рисунок 3.2 – Вибір мікроконтролера ESP32

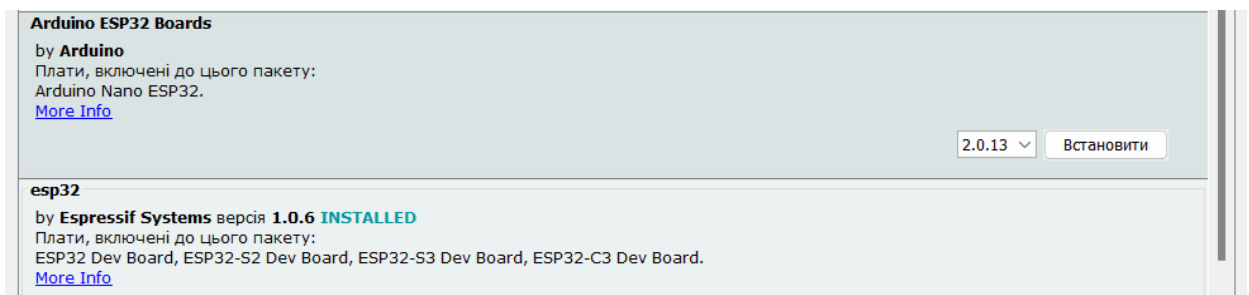


Рисунок 3.3 – Вибір ESP32

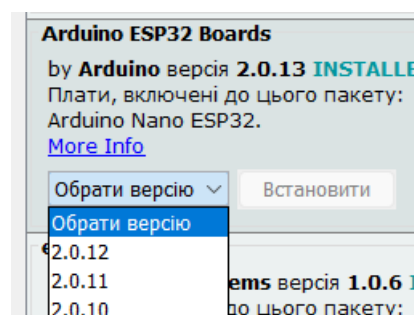


Рисунок 3.4 – Вибір версії

Аби переконатися у справності підключення та готовності до роботи, слід використати функцію «Get Board Info» у верхньому меню, яка виводить базову інформацію про взаємодію персонального комп'ютера і пристрою на базі мікроконтролера. Щоб перевірити код на слідування правилам і

синтаксису мови програмування, слід скористатися функцією «Verify», яка запускає процес компіляції. У разі наявності помилок в консоль середовища буде виведено необхідну інформацію для подальшого аналізу. Для завантаження прошивки на мікроконтролер потрібно використати функцію «Upload».

В результаті виконаних дій спеціалізований модуль буде готовий до створення програмного забезпечення.

3.2 Розробка програми управління пристроями збору даних

Реалізація програмного забезпечення спеціалізованого модуля першого типу буде здійснюватися у відповідності з розробленою у розділі 2.2.1 блок-схемою алгоритму. Для сенсорів pH V2 та TDS фірми Graviti потрібно скористатися бібліотекою DFRobot_PH.h та DFRobot_EC.h для спрощення читання даних з датчиків.

```
#include <Wire.h>
#include <DFRobot_PH.h>
#include <DFRobot_EC.h>

#define PH_PIN A0 // Пін для сенсора pH
#define TDS_PIN A1 // Пін для сенсора TDS

#define NUM_READINGS 5 // Кількість вимірювань для усереднення

DFRobot_PH ph;
DFRobot_EC ec;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial)
    ;
  Serial.println("Initializing...");

  // Ініціалізація сенсора pH
  if (ph.begin())
    Serial.println("pH sensor initialized successfully");
  else
```

```

    Serial.println("Failed to initialize pH sensor");

    // Ініціалізація сенсора TDS
    if (ec.begin())
        Serial.println("TDS sensor initialized successfully");
    else
        Serial.println("Failed to initialize TDS sensor");
}

void loop() {
    float pHSum = 0.0;
    float ecSum = 0.0;

    // Збір серії вимірювань для усереднення
    for (int i = 0; i < NUM_READINGS; i++) {
        // Вимірювання рівня pH
        pHSum += ph.readPH();

        // Вимірювання рівня TDS
        ecSum += ec.readEC();

        delay(100); // Затримка між вимірюваннями
    }

    // Розрахунок середнього значення
    float avgPH = pHSum / NUM_READINGS;
    float avgEC = ecSum / NUM_READINGS;

    // Виведення результатів
    Serial.print("Average pH Value: ");
    Serial.println(avgPH, 2); // Виведення з двома десятковими знаками
    Serial.print("Average TDS Value: ");
    Serial.println(avgEC, 2);

    delay(5000); // Затримка 5 секунд перед наступною серією вимірювань
}

```

3.3 Розробка програми управління виконавчим пристроєм

Реалізація програмного забезпечення спеціалізованого модуля другого типу буде здійснюватися у відповідності з розробленою у розділі 2.2.2 блок-схемою алгоритму. При цьому повинен бути реалізований як процес збору інформації, так і процес автономного управління нагрівачем температури та оксигенатором.

Програмування процесу збору даних аналоговими сенсорами за допомогою мікроконтролера ESP32 може включати в себе кілька ключових етапів. На першому етапі здійснюється підключення відповідних до використовуваних датчиків бібліотек. Зокрема, для DS18B20 (цифровий температурний датчик) можна використовувати бібліотеку OneWire та DallasTemperature. Приклад коду:

```
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures();
  float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(temperatureC);
  Serial.println(" °C");
  delay(1000);
}
```

Однією з популярних бібліотек для датчиків кисню є "Atlas Scientific EZO DO Circuit." Ця бібліотека знаходиться на офіційному веб-сайті Atlas Scientific або її можна встановити через менеджер бібліотек Arduino. Щоб встановити бібліотеку через менеджер, відкрийте Arduino IDE, перейдіть в пункт "Sketch -> Include Library -> Manage Libraries", знайдіть "Atlas Scientific EZO DO Circuit" і встановіть її. В подальшому бібліотека включається в скетч за допомогою наступного коду:

```
#include <Wire.h>
#include <AtlasScientificDO.h>

AtlasScientificDO DOsensor;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Ініціалізація Serial порту
  DOsensor.begin();  // Ініціалізація датчика
}
```

```

}

void loop() {
  float DOvalue = DOSensor.readDO(); // Отримання значення розчиненого кисню
  Serial.print("Dissolved Oxygen: ");
  Serial.print(DOvalue, 2); // Виведення значення з двома знаками після коми
  Serial.println(" mg/L");
  delay(1000); // Затримка 1 секунда між вимірюваннями
}

```

Наступним етапом розробки скетчу є конфігурація аналогових входів (визначається, які аналогові піни ви будете використовувати для підключення сенсорів) та встановлення режимів роботи аналогових.

```

adc1_config_width(ADC_WIDTH_BIT_12); // бітність аналогового вводу (зазвичай 12 біт)
adc1_config_channel_atten(ADC1_CHANNEL_0, ADC_ATTEN_DB_11); // встановлення каналу та режиму аттенюації

```

Після цього здійснюється зчитування аналогових даних з обраних пінів, обробка та зберігання їх для подальшого використання.

```

int sensorValue = adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_0); // зчитування значення з аналогового входу

```

Якщо сенсори вимагають калібрування - реалізуються необхідні процедури. Для регулярного опитування сенсорів і збору даних використовуються таймери.

```

/ Приклад встановлення таймеру для опитування кожні 5 секунд
esp_timer_create_periodic(timer_callback, NULL, &timer_handle);
esp_timer_start_periodic(timer_handle, 5000000); // час в мікросекундах

```

Наступним кроком є обробка сенсорних даних за вибраними алгоритмами. За потреби в скетчі реалізується обробка помилок та виняткових ситуацій:

В результаті виконання основних етапів розробки скетчу для

спеціалізованого модуля першого типу приведемо основне тіло програми збору даних про температуру та рівень насичення киснем закритої водойми.

```
include <Arduino.h>

const int sensorPin1 = 34; // Пін для першого аналогового сенсора
const int sensorPin2 = 35; // Пін для другого аналогового сенсора
const int numReadings = 5; // Кількість вимірювань для усереднення

int readings1[numReadings]; // Значення для першого сенсора
int readings2[numReadings]; // Значення для другого сенсора

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    // Ініціалізація масивів значень сенсорів
    for (int i = 0; i < numReadings; i++) {
        readings1[i] = 0;
        readings2[i] = 0;
    }
}

void loop() {
    // Зчитування значень сенсорів
    int sensorValue1 = analogRead(sensorPin1);
    int sensorValue2 = analogRead(sensorPin2);

    // Збереження зчитаних значень в масив
    readings1[0] = sensorValue1;
    readings2[0] = sensorValue2;
    // Усереднення значень
    for (int i = 1; i < numReadings; i++) {
        readings1[i] = analogRead(sensorPin1);
        readings2[i] = analogRead(sensorPin2);
    }

    // Обчислення середнього значення
    int average1 = 0;
    int average2 = 0;

    for (int i = 0; i < numReadings; i++) {
        average1 += readings1[i];
        average2 += readings2[i];
    }

    average1 /= numReadings;
    average2 /= numReadings;

    // Виведення результатів у консоль
```

```

Serial.print("Середнє значення сенсора 1: ");
Serial.println(average1);

Serial.print("Середнє значення сенсора 2: ");
Serial.println(average2);

// Затримка між вимірюваннями
delay(1000);
}

```

Таким чином в даному розділі розроблено програмне забезпечення збору даних про температуру та рівень кисню за допомогою спеціалізованого модуля першого типу. Отримані дані про стан закритої водойми використовуються для реалізації процесу автономного управління нагрівачем води та оксигенатором (прилад насичення води киснем).

```

const float oxygenThreshold = 20.0; // Порогове значення рівня кисню (призначте відповідне значення)

const int relayPin = 23; // Підключення до пінового виходу для управління пристроєм (замініть на свій варіант)

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin(BME_SDA, BME_SCL);

  if (!bme.begin()) {
    Serial.println("Could not find a valid BME280 sensor, check wiring!");
    while (1);
  }

  ads.begin();
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  float temperature = bme.readTemperature();
  float oxygenLevel = readOxygenLevel();

  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.print(" *C");

  Serial.print(" | Oxygen Level: ");
  Serial.print(oxygenLevel);
  Serial.println(" %");
}

```

```

if (oxygenLevel < oxygenThreshold) {
    // Виконайте дії, коли рівень кисню нижче порогового значення
    digitalWrite(relayPin, HIGH); // Увімкнути пристрій (змініть на свій варіант)
} else {
    // Виконайте дії, коли рівень кисню в нормі
    digitalWrite(relayPin, LOW); // Вимкнути пристрій (змініть на свій варіант)
}

delay(5000); // Затримка 5 секунд між вимірами
}

float readOxygenLevel() {
    int16_t adcValue = ads.readADC_SingleEnded(0);
    float voltage = adcValue * 0.000125; // Коефіцієнт для перетворення значення АЦП у
    напругу
    float oxygenLevel = map(voltage, 0.0, 3.3, 0.0, 100.0); // Карта напруги від 0 до 3.3 В у
    рівень кисню від 0 до 100%

    return oxygenLevel;
}

```

Таким чином, в даному розділі здійснено розробку основних компонентів скетчу для спеціалізованого модуля вимірювання температури та вмісту кисню та управління цими параметрами.

3.4 Налаштування Wi-Fi модуля для інтерфейсу з сервером верхнього рівня

Налаштування Wi-Fi модуля мікроконтролера ESP32 для передачі вимірюваної інформації на сервер включає в себе кілька кроків. На першому кроці включаються Wi-Fi модуль на ESP32 та вводяться параметри для підключення до потрібної Wi-Fi мережі.

```

const char *ssid = "назва_вашої_мережі";
const char *password = "ваш_пароль";
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
}

```

```
Serial.println("Підключення до Wi-Fi...");  
}  
Serial.println("Підключено до Wi-Fi");
```

SSID (Service Set Identifier) – це символна назва бездротової точки доступу Wi-Fi, що служить для ідентифікації її серед інших точок користувачами або пристроями, що підключаються до мережі. Після цього вводяться параметри сервера, до якого потрібно відправляти дані. Для відправки даних на сервер використовують HTTP-запит для передачі.

```
HTTPClient http;  
http.begin(String(serverAddress) + ":" + String(serverPort) + "/your_endpoint");  
http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");  
  
String postData = "data=" + String(yourMeasuredData);  
int httpResponseCode = http.POST(postData);  
  
if (httpResponseCode > 0) {  
    Serial.print("HTTP Response Code: ");  
    Serial.println(httpResponseCode);  
} else {  
    Serial.println("HTTP Error");  
}  
  
http.end();
```

Завершується передача даних відключенням від Wi-Fi.

```
WiFi.disconnect(true);  
delay(1000);
```

Таким чином в даному розділі розглянуто основні аспекти передачі інформації на сервер.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи на тему "АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ЗАКРИТИХ ВОДОЙМ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РИБ" отримано наступні результати:

1. аналіз сучасних тенденцій розвитку підприємств рибної промисловості показав актуальність створення автоматизованих систем моніторингу та управління станом закритих водойм та інтенсифікації виробництва рибної продукції;
2. застосування мікроконтролерів в системах автоматизації створює основу не тільки для автоматизації окремих функцій обладнання, а й для побудови систем збору, обробки та передачі інформації про технологічний процес та управління його параметрами;
3. запропонована багаторівнева структура автоматизованої системи, на нижньому рівні якої знаходиться підсистема мікроконтролерів (збір даних, первинна обробка), а на верхньому рівні серверна програма, яка вирішує питання управління процесами, які потребують ручної праці та здійснюється диспетчеризація технологічного процесу;
4. здійснено обґрунтування вибраного напрямку дослідження та здійснена постановка задачі;
5. деталізовано процеси функціонування системи автоматизації та управління, розроблено структуру мікроконтролерних модулів двох типів на базі комп'ютерної платформи ESP32;
6. здійснена програмно-апаратна реалізація каналів вимірювання температури та рівня кисню та управління відповідними виконавчими пристроями;
7. розроблена методика налаштування мережі Wi-Fi для множини контролерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтенсивні технології в аквакультури: навч. посіб. / [Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко]. – К. : «Центр учбової літератури», 2016. – 410 с.
2. Шерман І.М., Євтушенко М.Ю. Теоретичні основи рибництва: підручник – К.:, 2011. – 499 с.
3. Рибне господарство: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. Т. П. Фесун] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. – 221 с.
4. Monira Mukta, Samia Islam, Surajit Das Barman, Ahmed Wasif Reza, “IoT based Smart Water Quality Monitoring System”, 2019 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems, 2019.
5. Mehboob Hasan Rohit, Zarin TarannumHoque, S M Mujibul Karim, Dr.Shahnewaz Siddique, “Cost Effiecient AutomatedPisciculture Assistance System Using Internet of Things(IoT)” IEEE, DOI: 10.1109/SERP4IoT.2019.00015, Bangladesh, 2019.
6. A. Zaini, A. Kurniawan, A. D. Herdhiyanto, “Internet of Things for Monitoring and Controlling Nutrient Film Technique (NFT) Aquaponic” IEEE, DOI: 10.1109/CENIM.2018.8711304, Indonesia, May 2019.
7. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «Магістр». Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування, спеціальність 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп’ютерноінтегровані технології / А.І. Сегін, Н.Я. Возна, І.Р. Пітух / Під ред. Я.М. Николайчука – Тернопіль: ТНЕУ, 2019. – 40 с.
8. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.

9. Береза А. М. Основи створення інформаційних систем: навч. посіб. / А. М. Береза. – 2 вид., перероб. і доп. – К.: КНЕУ, 2001. – 214 с.
10. Бобух А.О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006. - 185 с.
11. ДСТУ 2709-94. Метрологія. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення.
12. Льюис К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей / Пер. с англ. и пред. Е.З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 133с.
13. Магнитный пускатель и магнитный контактор. URL: [http: // electry.ru/elektromontazhnye-raboty/kak-podklyuchit-magnitnyi-puskatel.html](http://electry.ru/elektromontazhnye-raboty/kak-podklyuchit-magnitnyi-puskatel.html)
14. Иго Т. Arduino, датчики и сети для связи устройств: Пер. с англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2016. - 544 с.
15. Петин В.А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 464 с.
16. Магда Ю. С. Raspberry Pi. Руководство по настройке и применению – М.: [ДМК Пресс](#), 2016. – 188с.
17. Петин В.А. – Микрокомпьютеры Raspberry Pi. Практическое руководство. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 240 с.
18. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 464 с.
19. Микроконтроллеры: краткий обзор — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: https://myrobot.ru/stepbystep/mc_meet.php.
20. Комп'ютерна електроніка: Навч. , посібник. Частина I/II А.П.Оксанич, С.Е.Притчин, О.В.Вашерук.- Харків: "Компанія СМІТ", 2006.- С200 - 256.
21. Рябенкий В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д. Цифрова схемотехніка: Навч. Посібник. - Львів: Видавництво «Новий світ 2000», 2009.-736с.
22. Ключев А.О., Ковязина Д.Р., Петров Е.В., Платунов А.Е. Интерфейсы периферийных устройств. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 290 с.

23. Павлов, Виктор Александрович П12 Интерфейсы периферийных устройств : учеб. пособие для вузов / В. А. Павлов. — Саров, 2010. — 374 с.
24. Монк С. Raspberry Pi. Сборник рецептов: решение программных и аппаратных задач – М.: Диалектика-Вильямс, 2019. – 528с.
25. Алексенко А. Г. Основы микросхемотехники — М.: Юнимедиастиль, 2009. — 448 с.