

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-359-81>
УДК 004.42

ЮСКОВИЧ-ЖУКОВСЬКА ВАЛЕНТИНА

Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука
<https://orcid.org/0000-0002-4236-1467>
e-mail: valivanivna1@gmail.com

ЛОТЮК ЮРІЙ

Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука
<https://orcid.org/0000-0001-6696-5583>
e-mail: lotyuk@ukr.net

КОТ ВАСИЛЬ

Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж
Національного університету біоресурсів і природокористування України»
<https://orcid.org/0000-0002-5139-4391>
e-mail: kotpm04@ukr.net

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ HOUSE-АКВАРІУМОМ З ЕЛЕМЕНТАМИ ІОТ

Проведено аналіз існуючих рішень для автоматизованого керування екосистемою акваріума з використанням технологій Інтернету речей. Наявні у продажу керуючі платформи, зокрема, ProfiLux та Neptune Apex, мають надмірний функціонал для домашніх акваріумів та високу цінову політику. Зважаючи на те, що акваріуми нерідко встановлюють саме для дітей, а догляд за ними зазвичай покладається на зайнятих батьків, тому актуальним є створення доступної за вартістю, простої в налаштуванні та ефективної у роботі системи керування параметрами акваріума з використанням технологій IoT. З метою врахування попиту на автоматизацію основних функцій за контролем параметрів життєдіяльності акваріума, розроблено просту у використанні та фінансово доступну систему керування house-акваріумом з елементами IoT, яка поєднує необхідну для домашнього використання функціональність, економічну доцільність та зручність в експлуатації. Система для автоматизації управління домашнім акваріумом базується на поширених апаратних засобах і програмно забезпечує функціонал контролю основних параметрів house-акваріума, таких як температура, фільтрація води, освітлення та режим годування. Розроблена IoT-система для автоматизованого моніторингу параметрів функціонування домашнього акваріума може використовуватись пересічними користувачами без спеціальної підготовки. Відкрита архітектура IoT-системи дозволяє інтегрувати різноманітні компоненти, забезпечуючи керування та моніторинг стану акваріуму в online-режимі широким колом користувачів.

Ключові слова: Інтернет речей, розумний акваріум, мікроконтролер Ардуїно UNO, середовище Ардуїно IDE, цифрове суспільство.

YUSKOVYCH-ZHUKOVSKA VALENTYNA

Academician Stepan Demianchuk International University of Economics and Humanities

LOTYUK YURIY

Academician Stepan Demianchuk International University of Economics and Humanities

KOT VASYL

Detachable Subdivision "Rivne Professional College of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

AUTOMATED AQUARIUM CONTROL SYSTEM WITH IOT ELEMENTS

When developing a smart aquarium based on Internet of Things technologies, an important step is the selection of hardware components and tools for software implementation. Automating aquarium maintenance is particularly relevant in the context of the rapid development of the digital society, when aquarium owners want to create comfortable conditions for themselves and for the flora and fauna of the aquarium's underwater ecosystem. An analysis of existing solutions for automated control of aquarium ecosystems using Internet of Things technologies was conducted. Commercially available control platforms, in particular ProfiLux and Neptune Apex, have excessive functionality for home aquariums and high prices. Given that aquariums are often installed for children, and their care is usually entrusted to busy parents, it is important to create an affordable, easy-to-configure, and effective aquarium control system using IoT technologies. In order to meet the demand for automation of the main functions for controlling the parameters of aquarium life, an easy-to-use and affordable house aquarium control system with IoT elements has been developed, combining the functionality, economic feasibility, and ease of use necessary for home use. The system for automating the management of a home aquarium is based on common hardware and provides software functionality for controlling the main parameters of a home aquarium, such as temperature, water filtration, lighting, and feeding mode. The developed IoT system for automated monitoring of home aquarium parameters can be used by ordinary users without special training. The open architecture of the IoT system allows the integration of various components, providing online control and monitoring of the aquarium status for a wide range of users.

Keywords: Internet of Things, smart aquarium, Arduino UNO microcontroller, Arduino IDE environment, digital society.

Стаття надійшла до редакції / Received 03.10.2025

Прийнята до друку / Accepted 15.11.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Автоматизація догляду за акваріумами є особливо актуальною в умовах стрімкого розвитку цифрового суспільства, коли власники акваріумів бажають створити комфортні умови і для себе, і для флори та фауни підводної екосистеми акваріуму.

У автоматизованих системах керування розумним акваріумом використовуються різні типи мікроконтролерів, сенсорних датчиків та виконавчих механізмів в залежності від вимог власника.

Наприклад, сучасні пристрої Інтернету речей (IoT) для підігріву та охолодження води пропонують широкий вибір рішень, що відповідають різним потребам. Від зовнішніх нагрівачів із високою ефективністю до

компактних вентиляторів для охолодження, де кожен користувач може знайти пристрій, який найкраще підходить для його акваріума. Ключовими факторами при виборі залишаються розмір акваріума, потреби в функціоналі, доступний бюджет і естетичні уподобання.

Автоматизовані дозатори корму є невід'ємною частиною сучасних розумних акваріумів. Вони забезпечують регулярне годування мешканців акваріума, що особливо важливо для підтримання життєдіяльності у разі тривалої відсутності власника. Дозатори корму значно полегшують догляд за акваріумом і забезпечують стабільність раціону для риб. Вибір конкретної моделі залежить від видів риб, типу корму та рівня інтеграції з іншими автоматизованими системами.

Системи освітлення забезпечують оптимальні умови для росту рослин, збереження здоров'я риб і підтримки екосистеми в цілому. Вибір відповідної системи освітлення залежить від типу акваріума, його розміру, видів декоративних риб і рослин, а також від вимог до налаштувань світлових параметрів. Сучасні системи освітлення не лише забезпечують базові потреби акваріумної екосистеми, але й дозволяють створювати унікальні візуальні ефекти, які підкреслюють красу акваріума.

Фільтраційні системи відіграють важливу роль у підтриманні якості води та гарантування безпечного середовища для мешканців акваріума. Вони виконують роль очищення води від механічних, хімічних і біологічних забруднень, що дозволяє підтримувати екосистему в стабільному стані.

Підтримка необхідного рівня кисню у воді нормалізує газообмін у акваріумі, що є необхідним для життєдіяльності риб, рослин і мікроорганізмів. Сучасне устаткування для насичення води киснем пропонує широкий вибір рішень, які можуть задовольнити потреби як аматорів, так і професіоналів.

Конфігурація IoT-системи акваріума дозволяє підключити його до системи Розумного будинку.

Розробка системи автоматизації управління акваріумом на основі технологій IoT потребує ретельного підбору апаратних і програмних компонентів, які забезпечать стабільну роботу, масштабованість та зручність використання. Важливою складовою автоматизації акваріумів є підтримка здорової акваріумної екосистеми. Сучасні технології IoT дозволяють вирішувати цю задачу максимально ефективно та зручно. При цьому основними критеріями вибору є функціональність, енергоефективність, сумісність компонентів і можливість інтеграції з існуючими IoT-системами.

Аналіз досліджень та публікацій

Темі автоматизованого керування розумним акваріумом на основі технологій Інтернету речей присвячені дослідження українських та закордонних вчених. Відповідно до наукових праць головні функції повинні охоплювати моніторинг, контроль та автоматичне регулювання для підтримання здорового середовища для риб та інших мешканців акваріуму. Основними дослідженими функціями являються наступні.

Моніторинг параметрів води передбачає вимірювання температури води, pH (кисотно-лужного балансу), рівень аміаку, нітритів і нітратів, турбулентність (мутність), рівень кисню, солоність (для морських акваріумів). Сенсори передають дані на хмару або локальний сервер для аналізу та зберігання історії [1, 2].

При цьому здійснюється автоматичне регулювання параметрів. Система може автоматично підлаштовувати параметри при їх відхиленнях: обігрів/охолодження води (керування нагрівачами або охолоджувачами), вміст кисню (вмикання аераторів при низькому рівні O₂), додавання води (долив при випаровуванні, контроль за переливом), контролю рівня pH (автоматичне дозування буферних речовин) [3, 4].

Автоматичне годування передбачає запрограмоване або дистанційне керування годівницею, дотримання графіку годування, можливість змінити режим на відстані [5].

Освітлення передбачає керування світлом за таймером, імітація природного циклу "день-ніч", віддалене вмикання/вимикання або регулювання яскравості, можливість створення різних режимів (нічний, інтенсивний, "спокійний") [1].

Автоматична заміна води передбачає відкачування частини води за графіком, долив очищеної води, контроль витоку чи аварій (датчики протікань) [2].

Віддалений доступ і сповіщення передбачає мобільний додаток або веб-інтерфейс, Push-сповіщення при аваріях (перегрів, забруднення), візуалізація історії даних, звіти та аналітика [6, 7].

Безпека та резервування передбачають захист від короткого замикання, перенапруги, резервне живлення (на акумуляторі/UPS), логування подій [7].

Виявлення руху або активності риб передбачає камери або датчики для спостереження за активністю, виявлення нестандартної поведінки (млявість, агресія) [8].

Інтеграція з ШІ або аналітикою передбачає прогнозування стану акваріума, оптимізацію режимів годування чи освітлення, виявлення трендів у зміні параметрів [9].

Підключення до інших IoT систем передбачає інтеграцію з Google Home, Alexa, Home Assistant, голосове керування, сценарії типу "акваріум у відпустковому режимі" [10, 11].

З даних робіт видно які функції найчастіше реалізують для розумних акваріумів: моніторинг температури, кислотності води pH, рівень турбулентності, якість води, автоматичні освітлення та годівля.

Результати віддаленого спостереження повідомляються через мобільний додаток для IOS або Android, Telegram- бот або веб-інтерфейси. Більшість систем використовує мікроконтролери типу ESP8266 або ESP32, платформи Blynk / ThingSpeak / IFTTT.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є розробка простої IoT-системи для автоматизації керування house-акваріумом у режимі online, що базується на доступних апаратних засобах і забезпечує функціонал контролю основних параметрів розумного домашнього акваріума, таких як температурний режим, аерація води, освітлення та режим годування.

Виклад основного матеріалу

Спеціалізовані контролери для акваріумів, такі як Neptune Systems Apex та GHL ProfiLux, є дорогавартісними. Apex — це дуже потужний інструмент і, по суті, “високопрофесійна” система: вона надає багато функцій професійного рівня, але доступна для аматорів-акваріумістів. Для звичайних користувачів, які прагнуть просто мінімально керувати акваріумом (температура + освітлення + фільтрація), Apex буде функціонально надмірним і дорогим. Якщо цінність здоров’я декоративних риб, коралів, стабільність акваріумного середовища велика, то це один з найкращих виборів. Але Neptune Apex - продукт комерційний, орієнтований на хобі-ринок [12].

Інша автоматизована система GHL ProfiLux — напівпрофесійна потужна система контролю розумного акваріума, з високим рівнем функціональності, точності та надійності. ProfiLux — це система, яка відноситься до “просунутого хобі”, але із функціями, які дозволяють використовувати її в професійних середовищах наприклад, у зоомагазинах, виставкових акваріумах [13]. Порівняємо ці дві керуючі платформи / контролери для акваріума, що забезпечують моніторинг і автоматичне керування різними параметрами (температура, pH, витрата електроенергії, рівень води, тощо) (Таблиця 1).

Таблиця 1.

Порівняння керуючих платформ ProfiLux з Neptune Apex

Характеристика	ProfiLux	Neptune Apex
Розширення (модулі, канали)	Дуже гнучке, багато модульних розширень, велика кількість входів/виходів і шини комунікаційного рівня (CAN Bus)	Також має розширення, модулі, але деякі користувачі скаржаться на обмеження або необхідність додаткового обладнання
Управління освітленням і сценарії	Дуже детальні, багато каналів освітлення, симуляції природи (хмари, місяць, грози)	Має хороші функції освітлення, але можливо менш детальні в деяких моделях
Безпека, резервування	FRAM пам'ять, захист від втрати даних, PIN-код, аварійні сповіщення, резерв на випадок відключення живлення	Також Apex має подібні функції, але може бути різниця в якості матеріалів чи стабільності
Зручність користування	Інтерфейс GHL також має хмарні сервіси, вебінтерфейс, мобільні програми; деяким користувачам може здаватися складним налаштування всіх функцій	Neptune частіше згадується як “дружній до користувача” в деяких відгуках, але має свої нюанси

Як видно із Таблиці 1, незважаючи на значні переваги обох систем, вони орієнтовані переважно на користувачів із високим рівнем технічної підготовки та достатнім фінансовим ресурсом. Зважаючи на те, що декоративних рибок у домашніх акваріумах, зазвичай люблять тримати діти, а батькам бракує часу доглядати за водною екосистемою, це викликає необхідність розробки простої автоматизованої IoT-системи, яка б поєднувала потрібну функціональність для house-акваріума, економічну доцільність та зручність в експлуатації для широкого кола користувачів.

Тому актуальним є створення доступної за ціною політикою та простотою у використанні автоматизованої системи керування параметрами акваріума з елементами IoT, яка б дозволила дорослим економити час на систематичний догляд за house-акваріумом, контролюючи його параметри у режимі online.

Програмне забезпечення є основою автоматизованої системи управління акваріумом, яке забезпечує інтеграцію всіх апаратних компонентів та керування процесами та моніторинг у режимі реального часу. Для реалізації системи використовуються багатофункціональні платформи розробки та хмарні сервіси, які спрощують процес створення і налаштування програмного забезпечення.

Для розробки програмного забезпечення основною платформою вибрано Arduino UNO з інтерфейсом IDE, яка має простий і зручний інтерфейс для написання коду, завантаження прошивки в мікроконтролер та тестування роботи системи (Рисунок 1). Arduino UNO підтримує мікроконтролери на базі ESP8266, зокрема Wemos D1 Mini, який використовується у проєкті.

Основними перевагами цієї платформи є:

- велика бібліотека готових рішень для роботи з датчиками, виконавчими елементами та мережевими протоколами;
- простота інтеграції із сторонніми модулями, такими як Wi-Fi або реле;
- кросплатформеність, що дозволяє працювати на Windows, macOS та Linux.

Для моніторингу та управління системою в режимі реального часу використовується хмарний сервіс Blynk, який дозволяє створити мобільний додаток для взаємодії з акваріумною системою.

Основними можливостями Blynk є:

- 1 графічний інтерфейс для відображення параметрів;
 - 2 дистанційне керування через смартфон, що, зокрема, дозволяє вмикати/вимикати помпу, освітлення або компресор;
- можливість створення сценаріїв автоматизації, які дозволяють налаштувати логіку взаємодії між компонентами системи

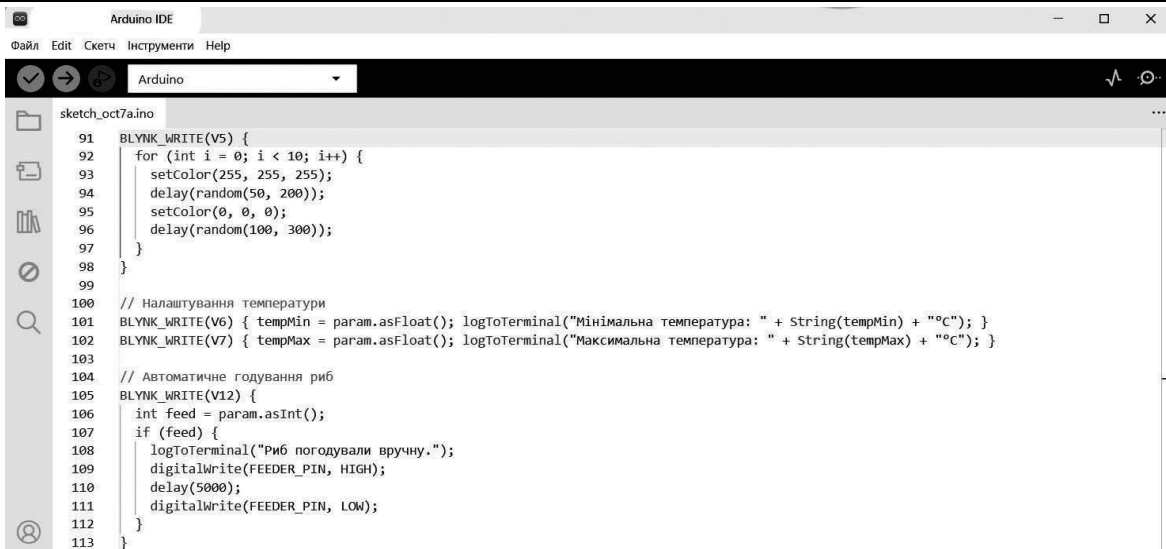


Рис. 1. Скриншот програмного забезпечення на Arduino IDE

Blynk інтегрується з мікроконтролером через Wi-Fi-з'єднання, дозволяючи передавати дані до хмари та отримувати команди користувача. Платформа підтримує створення дашбордів із графічним представленням даних, а також збереження параметрів. Blynk підтримує популярні протоколи, наприклад, протокол 1-Wire, який дозволяє легко підключати кілька датчиків до одного піну мікроконтролера та шина I2C, яка забезпечує синхронізацію роботи всіх компонентів системи.

Модуль Пельтьє керується через спеціальний драйвер на базі двох електромагнітних реле, що дозволяє вмикати його як на нагрівання, так і на охолодження. Освітлення, побудоване на базі LED-збірки, може вмикатися та змінювати яскравість. Кроковий двигун, який відповідає за подачу корму, забезпечує його плавну роботу та точне позиціонування. Компресор і помпа програмуються для їх увімкнення та вимкнення залежно від умов у акваріумі.

Блок живлення ATX виступає основним джерелом енергії, забезпечуючи стабільну подачу напруги для всіх компонентів, а літій-іонний акумулятор 18650 виконує функції резервного джерела живлення, активуючись у разі відключення основного джерела енергії.

Схема підключення враховує всі аспекти роботи системи, включаючи її енергозабезпечення, управління та інтеграцію з хмарними сервісами. Така побудова дозволяє забезпечити стабільну роботу системи та її адаптацію до різних умов експлуатації (Рисунок 2).

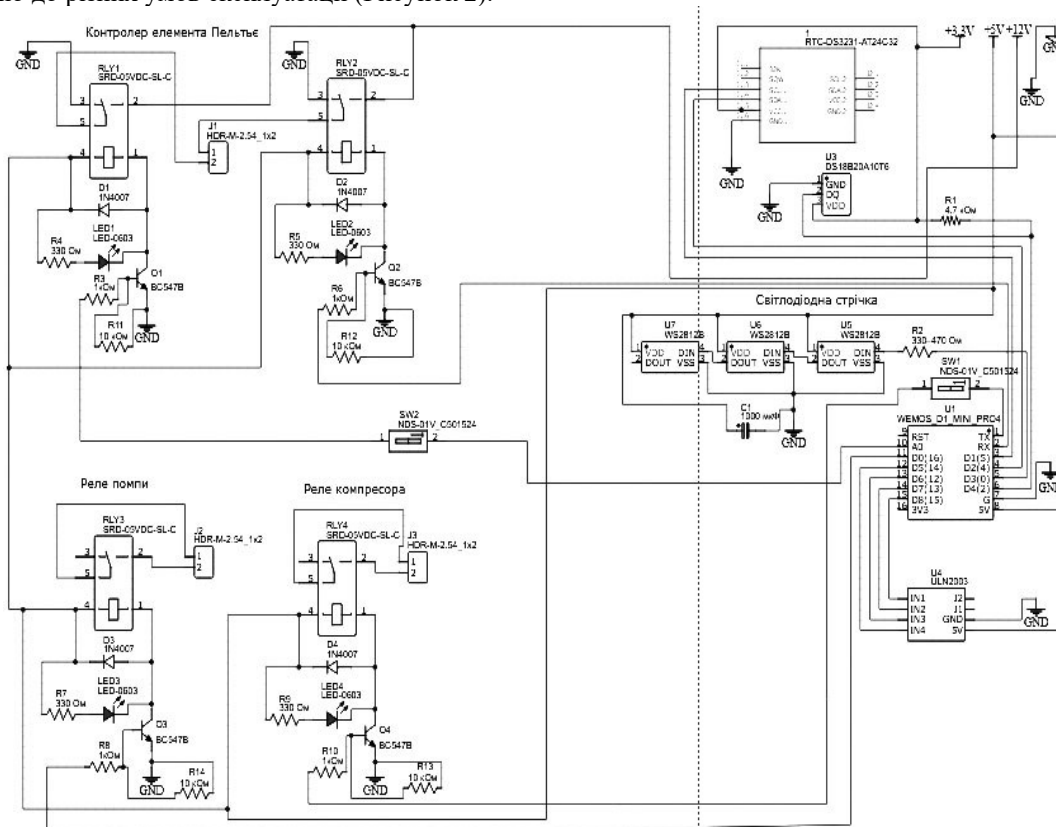


Рис. 2. Схема підключення компонентів IoT до house-акваріуму

При розробці розумного акваріума на основі технологій Інтернету речей важливим етапом є вибір апаратних компонентів та інструментарію для реалізації програмного забезпечення. Цей вибір визначає ефективність розробки, продуктивність системи, можливість інтеграції з апаратними компонентами і, що найважливіше, забезпечення зручності у використанні для кінцевого користувача. Для цього було обрано платформу Arduino UNO, середовище розробки Arduino IDE та платформа Blynk.

Arduino IDE базується на мові програмування C/C++, і дозволяє реалізовувати складні алгоритми управління апаратними компонентами. У середовищі Arduino IDE передбачено інтегровані інструменти для компіляції, завантаження коду на мікроконтролер та налагодження. Важливо зазначити, що Arduino IDE підтримує велику кількість бібліотек, яка є у вільному доступі на GitHub. Для розумного акваріуму використовувались бібліотеки для роботи з модулем Wi-Fi ESP8266, датчиком температури DS18B20, годинником реального часу DS3231 та світлодіодною стрічкою WS2812B.

У розробці системи керування розумним акваріумом використовувався хмарний сервіс Blynk, який забезпечує простий і зрозумілий інтерфейс для кінцевого користувача. Через Blynk можна дистанційно керувати системою, змінювати її параметри, отримувати актуальну інформацію про стан акваріума та взаємодіяти з усіма компонентами через смартфон або веб-панель. Платформа надає широкий набір віджетів для створення графічного інтерфейсу, таких як кнопки, повзунки, графіки, монітори стану та багато інших. Через Blynk реалізовано управління освітленням, моніторинг температури, активацію помпи, компресора та автоматичного годування риб. Завдяки хмарній інфраструктурі Blynk усі дані зберігаються на сервері, що забезпечує online доступ до системи.

Оптимальне рішення для системи автоматизації акваріума досягається при інтеграції Arduino IDE та Blynk. Arduino IDE відповідає за програмування мікроконтролера. Наприклад, алгоритми керування температурою включають використання датчика DS18B20 для збору даних про температуру води, аналіз цих даних і активацію модуля Пельтьє для нагрівання або охолодження залежно від поточних умов. У той же час, через Blynk користувач може віддалено встановлювати межі температури, які система буде підтримувати, а також отримувати сповіщення у разі виходу параметрів за ці межі.

Мікроконтролер Wemos D1 Mini забезпечує інтеграцію всіх компонентів автоматизованої системи управління акваріумом через Wi-Fi інтерфейс із платформою Blynk.

Програмний код починається з підключення необхідних бібліотек та оголошення глобальних змінних, які використовуються для роботи системи. Для інтеграції з Blynk використовується бібліотека BlynkSimpleEsp8266.h. Для роботи годинника реального часу DS3231 використовується бібліотека RTCLib.h, а для керування світлодіодною стрічкою WS2812B – бібліотека Adafruit_NeoPixel.h. Також оголошуються змінні для авторизаційного токена, даних Wi-Fi та визначаються віртуальні піни, прив'язані до функцій системи.

Лістинг фрагменту коду IoT-системи для розумного акваріуму:

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4VrHvqrEK"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Aquarium System"
#include <Wire.h>
#include <RTCLib.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
char auth[] = "Token";
char ssid[] = "SSID";
char pass[] = "Password";
RTC_DS3231 rtc;
BlynkTimer timer;
#define LED_PIN D3
#define NUM_LEDS 30
Adafruit_NeoPixel strip(NUM_LEDS, LED_PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
float tempMin = 20, tempMax = 26;
float currentTemp = 0.0;
WidgetTerminal terminal(V10);
```

Ініціалізація компонентів відбувається у функції setup(). Далі виконується підключення до платформи Blynk, а також налаштування таймерів для регулярного виконання певних завдань.

У роботі реалізовано автоматичне годування риб через кроковий двигун, який активується за встановленим розкладом або вручну через Blynk. У Blynk розклад годування налаштовується через графічний інтерфейс, побудований на основі кнопок та таймерів. Інтеграція з годинником реального часу DS3231 забезпечує високу точність виконання дій за розкладом, що є критично важливим для підтримання екосистеми акваріума. Дана система може бути доповнена новими функціями та модулем із штучним інтелектом для аналізу поведінки риб та прогнозування змін параметрів водного середовища.

У процесі тестування мікроконтролера Wemos D1 Mini в реальних умовах експлуатації було здійснено діагностику апаратних та програмних засобів. Для оцінки стійкості системи було застосовано методи стресового тестування. Реальні умови експлуатації підтвердили надійність системи. Користувач має можливість

контролювати стан акваріума через платформу Blynk.

Враховуючі тенденції розвитку цифрових технологій від Інтернету людей до Інтернету речей [14], вплив штучного інтелекту на цифровізацію суспільства [15], популярне застосування платформи Arduino UNO у розумних речах [16], розумний house-акваріум з елементами IoT може в недалекому майбутньому стати звичайним елементом домашнього інтер'єру.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У результаті проведеного дослідження розроблено систему керування акваріумом з елементами IoT. Створене програмне забезпечення базується на інтеграції апаратних компонентів з платформою Blynk, що дозволяє здійснювати дистанційне керування та моніторинг у режимі реального часу. Зручний графічний інтерфейс користувача робить комфортною взаємодію з усіма компонентами системи: освітленням, температурним режимом, годуванням, компресором.

У перспективі розвитку проєкту «Розумний акваріум» передбачається:

- застосування алгоритмів машинного навчання, які прогнозують небажані зміни, наприклад, вихід pH або температури за допустимі межі;
- регулювання сценаріїв керування залежно від видів риби або рослин, які наявні в акваріумі, оскільки різні види потребують різних умов;
- самоочищення сенсорів та їх калібрування по мірі старіння;
- введення голосових команд для керування розумним акваріумом
- інтеграція із системою Розумного будинку.

Література

1. Adi Hermansyah, Tri Wanda Septian, Aditya Putra Perdana P, and Mgs Muhammad Faris. Prototype of Automatic Control System for Water Temperature and Acidity in Ornamental Fish Aquarium Based on Internet of Things (IOT) [Електронний ресурс] // International Journal of Electrical, Electronics and Mechanical Instrumentation Engineering. – [India : IJEEEMI, 2023]. – Режим доступу : <https://ijeemi.org/index.php/ijeemi/article/view/174/143> – (Дата звернення: 29.09.2025). – Назва з екрана.
2. Yoga Harist Fitriani, Mardi Yudhi Putra. IoT Based Goldfish Aquarium Water Quality Monitoring System Using SDLC Method [Електронний ресурс] // Journal of Applied Informatics and Engineering Applications. – 2024. – Режим доступу : <https://ioinformatic.org/index.php/JAIEA/article/view/1100/785> – (Дата звернення: 29.09.2025). – Назва з екрана.
3. Arifin Noor Asyikin, Ida Hastuti, Ahmad Yusuf, Devina Wiyani, Nadia Ayu Pitaloka, Ulfa Nur Rahma. IoT Based Smart Aquarium using NodeMCU [Електронний ресурс] // Letters in Information Integrity and Robotics. – [International Association for Artificial Intelligence, 2024]. – Режим доступу : <https://iaiai.org/letters/index.php/liir/article/view/214/184> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
4. Bim Maulana Rusdi, Zainul Arifin Imam Supardi. RANCANG BANGUN ALAT MONITORING pH, SUHU DAN ZAT TERLARUT PADA AIR AKUARIUM IKAN MAS KOKI BERBASIS IOT DENGAN NODEMCU ESP32 [Електронний ресурс] // Inovasi Fisika Indonesia. – [Universitas Negeri Surabaya, 2024]. – Режим доступу : <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/inovasi-fisika-indonesia/article/view/54733/43535> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
5. Empowering Aquarists a Comprehensive Study On IOT-Enabled Smart Aquarium Systems For Remote Monitoring And Control [Електронний ресурс] // Babylonian Journal of Internet of Things – [Mesopotamian Academic Press, 2024]. – Режим доступу : <https://mesopotamian.press/journals/index.php/BJIoT/article/view/422> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.).
6. SMART AQUARIUM MONITORING SYSTEM (SAMS) [Електронний ресурс] // Jurnal Kejuruteraan, Teknologi dan Sains Sosial. – [Malaysia, 2024]. – Режим доступу : <https://www.puo.edu.my/webportal/wp-content/uploads/2024/06/06.-SMART-AQUARIUM-MONITORING-SYSTEM-SAMS.pdf> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
7. Octavian Mihai Machidon, Corneli Stanca, Petre Ogrutan, Carmen Gerigan, Aciu Lia. Power-system protection device with IoT-based support for integration in smart environments. [Електронний ресурс] //– [PLoS One; San Francisco Vol. 13, Iss. 12, (Dec 2018)]. – Режим доступу : <https://www.proquest.com/scholarly-journals/power-system-protection-device-with-iot-based/docview/2150533615/se-2> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
8. Dimitra Georgopoulou, Charalabos Voudaskis, Nikos Papandroulakis. Towards Precision Feeding Using Behavioral Monitoring in Marine Cages [Електронний ресурс] // arXiv Cornell University. – [arXiv, 2024]. – Режим доступу : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.02821> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
9. Tingting Li, Jian Lu, Jun Wu, Zhenhua Zhang, Liwei Chen. Predicting Aquaculture Water Quality Using Machine Learning Approaches [Електронний ресурс] // MDPI Journals. – [MDPI, 2022]. – Режим доступу : <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/18/2836> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
10. Chiang Liang Kok, Chee Kit Ho, Nicholas Tanjodi, Yit Yan Koh. Novel Water Level Control System for Sustainable Aquarium Use [Електронний ресурс] // MDPI Electronics. – [MDPI, 2024]. – Режим доступу : <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/11/2033> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.

11. Yoga Harist Fitrian, Mardi Yudhi Putra. IoT Based Goldfish Aquarium Water Quality Monitoring System Using SDLC Method. [Електронний ресурс] // Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications. – [JAIEA 2024]. – Режим доступу : <https://ioinformatic.org/index.php/JAIEA/article/view/1100> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
12. GHL Connect. Get the most out of Your GHL Devices. [Електронний ресурс] // Aquarium Computer. – [Aquarium Computer, 2025]. – Режим доступу : <https://www.aquariumcomputer.com/ghl-connect/> – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
13. Comprehensive Reference Manual [Електронний ресурс] // Neptune Systems Documentation. – [Neptune Systems]. Режим доступу : https://help.neptunesystems.com/downloads/docs/Comprehensive_Reference_Manual.pdf – (Дата звернення: 29.09.2025 р.). – Назва з екрана.
14. Valentyna Yuskovych-Zhukovska. Тенденції розвитку цифрових технологій від Інтернету людей до Інтернету речей. Trends in the digital technologies development from the internet of people to the internet of things // Digitalization and information society. Selected issues. Monograph 53. University of Technology, Katowice. Publishing House of University of Technology, Katowice, Poland, 2022, P. 6-12. <http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/8b03138919e2513e3eb7df528f532ecc.pdf>
15. Valentyna Yuskovych-Zhukovska, Yurii Lotiuk The influence of artificial intelligence on the digitalization of society. // Exploring the digital landscape: interdisciplinary perspectives // Monograph // The University of Technology in Katowice Press, 2024, P. 881-892. <https://eprints.kname.edu.ua/65898/1/EXPLORING%20THE%20DIGITAL%20LANDSCAPE%20INTERDISCIPLINARY%20PERSPECTIVES.pdf>
16. Vasyl Kot, Nazar Shynkarchuk, Valentyna Yuskovych-Zhukovska. Application of the arduino platform in the system of transportation of thermally unstable substances. p. 45–55. // Contemporary technologies and society: innovations, artificial intelligence, and challenges, Collective Scientific Monograph, Edited by Valentyna Yuskovych-Zhukovska and Oleg Bogut, ISBN 978-83-969890-0-0 DOI: 10.54264/M029. Katowice 2023. <http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/fc72d78bb069f493b87e716a1f31a05b.pdf>