

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-62>
УДК 621.317

ПЕТРУШАК ВОЛОДИМИР

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-7232-1044>
e-mail: petrushak@ukr.net

ПАСІЧНИК ВЛАДИСЛАВ

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0009-0000-8744-0719>
VladPasichnyk15@ukr.net

АВТОНОМНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ БАСЕЙНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІОТ

Забезпечення належного санітарно-технічного стану та комфорту використання басейнів вимагає постійного контролю за рядом параметрів: температурою води, вологістю, рівнем освітлення, якістю повітря, а також своєчасного вмикання та вимикання відповідних виконавчих пристроїв. Традиційні системи потребують значного людського втручання та мають обмежену гнучкість.

Сучасні технології Інтернету речей (IoT) дозволяють створити автономну систему підтримки життєдіяльності басейну, яка забезпечує автоматизований збір, обробку та аналіз даних із сенсорів, а також прийняття рішень у реальному часі. Така система базується на мікроконтролері з підтримкою бездротового зв'язку, зокрема ESP32, що забезпечує взаємодію між сенсорами, виконавчими модулями та хмарною платформою керування.

Запропоноване рішення спрямоване на мінімізацію енергоспоживання, підвищення надійності та гнучкості системи, а також можливість дистанційного моніторингу та керування з мобільного пристрою. Це забезпечує не лише комфорт і безпеку для користувачів, а й ефективність з погляду технічного обслуговування.

Ключові слова: автономна система, Інтернет речей, сенсори, бездротовий зв'язок, автоматизація, моніторинг.

PETRUSHAK VOLODYMYR

PASICHNYK VLADYSLAV

Khmelnytskyi National University

AUTOMATIC POOL LIFE SUPPORT SYSTEM USING IOT TECHNOLOGY

The rapid advancement of Internet of Things (IoT) technology has led to its widespread adoption across various sectors, including smart homes, healthcare, agriculture, and industrial automation. Among the growing range of applications, one of the most promising is in the domain of intelligent environmental monitoring and control, where real-time data acquisition and automated decision-making play a pivotal role in optimizing system performance and user experience.

Swimming pool systems, which have traditionally relied on manual maintenance and scheduled checks, present a valuable opportunity for automation through IoT technologies. These systems often require continuous oversight to maintain water quality, ensure user safety, and manage energy consumption effectively. Manual methods can be time-consuming, error-prone, and inefficient in responding to dynamic environmental changes.

An automatic pool life support system, empowered by IoT, consists of a network of sensors and actuators managed by a microcontroller-based platform. This system is capable of monitoring and controlling key environmental parameters such as water temperature, pH levels, turbidity, ambient humidity, lighting, and air quality. These sensors provide accurate, real-time data that are crucial for maintaining optimal swimming conditions and ensuring user comfort and safety.

The collected data is transmitted wirelessly to a cloud-based platform, enabling remote access, real-time notifications, and automated control via mobile or web applications. This integration enhances operational efficiency, allowing pool owners and facility managers to monitor system status, receive alerts, and adjust settings without physical presence.

By leveraging low-power, wireless communication technologies such as Wi-Fi or Bluetooth, and utilizing compact, energy-efficient microcontrollers like the ESP32, the system achieves a balance between performance and cost-effectiveness. These technologies support reliable, scalable solutions with minimal energy consumption, which is particularly important in continuous monitoring scenarios.

Keywords: Internet of Things, smart pool system, environmental monitoring, wireless communication, cloud platform, energy efficiency.

Стаття надійшла до редакції / Received 19.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 26.06.2025

Постановка проблеми

Інтернет речей (IoT) стрімко розвивається, охоплюючи дедалі ширше коло застосувань — від побутових до промислових систем. Одним з основних викликів у цій галузі є забезпечення надійного, енергоефективного та масштабованого з'єднання між великою кількістю пристроїв, які функціонують у різних умовах і середовищах. Зростання кількості IoT-пристроїв потребує не лише ефективної платформи для обміну даними, а й гнучких та економічно доцільних апаратних рішень для обробки і передачі інформації в режимі реального часу.

Вибір платформи для IoT-рішення повинен враховувати численні параметри: підтримку сучасних протоколів зв'язку, енергоспоживання, можливості інтеграції з хмарними сервісами [1], безпеку та підтримку автоматизації. У зв'язку з цим актуальним стає завдання аналізу й техніко-економічного обґрунтування вибору апаратної платформи для створення адаптивної IoT-системи керування, наприклад, для моніторингу

й автоматизації басейнів. Особливу увагу необхідно приділити структурі системи, її компонентам введення та виведення, стабільності зв'язку, а також можливостям масштабування і модернізації.

Аналіз останніх джерел

Останні роки характеризуються стрімким розвитком технологій Інтернету речей (IoT), що призвело до появи широкого спектра апаратних і програмних рішень для реалізації інтелектуальних систем [1, 5]. У численних дослідженнях відзначено зростаюче значення вибору відповідної платформи для збору, обробки та передачі даних в IoT-мережах. Основна увага приділяється енергоефективності, масштабованості, безпеці та простоті інтеграції з існуючими інфраструктурами [1].

У працях наведено порівняльний аналіз сучасних протоколів зв'язку, таких як Wi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN і NB-IoT, із зазначенням їхніх переваг і обмежень у різних умовах використання [1]. Особливе місце займають LPWAN-технології, які завдяки низькому енергоспоживанню й великому радіусу дії є ефективним рішенням для віддалених або автономних систем [1].

Дослідження висвітлюють перспективність мікроконтролерів серії ESP32 у контексті IoT-рішень завдяки їхній високій продуктивності, вбудованій підтримці Wi-Fi і Bluetooth, а також сумісності з різними середовищами розробки. Це робить їх привабливими як для навчальних проєктів, так і для промислових застосувань [3].

Отже, наявні джерела підкреслюють важливість комплексного підходу до розробки IoT-систем, де вибір апаратної платформи, протоколів зв'язку та архітектури взаємодії є критичними факторами успішної реалізації проєкту.

Формулювання цілей

У зв'язку зі зростаючими вимогами до автоматизації, енергоефективності та зручності експлуатації технічних систем в умовах цифровізації побуту та промисловості, виникає необхідність у створенні автономних рішень для керування об'єктами інфраструктури, зокрема плавальними басейнами. Це відкриває нові можливості для оптимізації експлуатаційних процесів, підвищення безпеки користування, зменшення енергоспоживання та забезпечення стабільної якості води без постійного людського контролю.

Виклад основного матеріалу

Розробка автономної системи підтримки життєдіяльності басейну базується на інтеграції апаратного забезпечення, модулів бездротового зв'язку, сенсорів навколишнього середовища та хмарної платформи для моніторингу й керування [5]. Центральним елементом системи обрано мікроконтролер ESP32 Lolin Lite, який поєднує високу продуктивність із підтримкою бездротових інтерфейсів Wi-Fi і Bluetooth, а також має низьке енергоспоживання, що є критичним для автономної роботи.

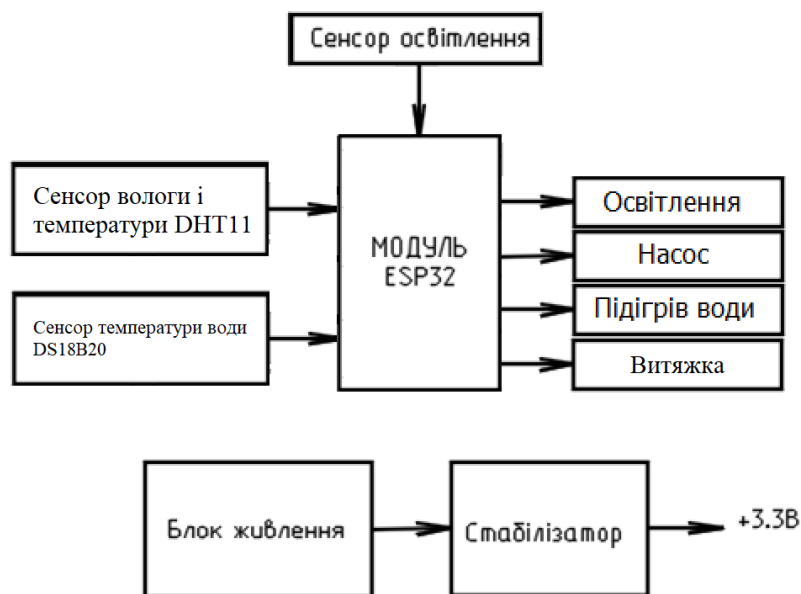


Рис.1. Структурна схема

У структурі системи передбачено підключення сенсорів температури (DS18B20), вологості та температури повітря (DHT11), а також сенсора освітлення. Зчитані дані надсилаються на хмарну платформу Blynk IoT [4], де вони обробляються та відображаються користувачу через мобільний додаток. Користувач має змогу дистанційно контролювати поточні показники та за необхідності вручну втручатися в роботу системи.

Крім сенсорного моніторингу, система включає виконавчі механізми, такі як реле для керування насосом, освітленням, підігрівом води та вентиляцією. Активність цих механізмів може регулюватися як вручну, так і автоматично — за допомогою логіки, закладеної у програмне забезпечення мікроконтролера. Наприклад, якщо температура води падає нижче заданого порогу, система автоматично активує підігрів.

Живлення системи здійснюється від джерела 5В, з внутрішнім розподілом напруг на вузли 3.3В для живлення сенсорів та контролера. Для забезпечення безпеки комутації реле використовуються модулі з оптоізоляцією, що розділяють високовольтну та низьковольтну частини схеми.

Архітектура системи передбачає можливість її масштабування: до мікроконтролера можна підключати додаткові сенсори чи виконавчі елементи без необхідності зміни основної логіки або заміни апаратного забезпечення. Це дозволяє адаптувати систему під інші об'єкти інфраструктури, такі як теплиці, акваріуми або системи "розумного будинку".

Висновки

У даній роботі було розроблено та реалізовано автономну систему підтримки життєдіяльності басейну з використанням технології Інтернету речей. Система успішно поєднує в собі функції моніторингу та автоматичного керування ключовими параметрами середовища, такими як температура води, вологість повітря, рівень освітлення та вентиляція.

Використання мікроконтролера ESP32 з підтримкою Wi-Fi і Bluetooth дозволило створити енергоефективну та доступну за вартістю платформу, сумісну з мобільними та хмарними сервісами. Інтеграція із середовищем Blynk IoT забезпечила зручний інтерфейс для дистанційного керування і моніторингу в реальному часі, що підвищує комфорт користувача [4] та надійність роботи системи.

Система виявила себе як гнучка та масштабована, що дозволяє легко адаптувати її до інших середовищ або розширити функціональність відповідно до нових вимог. Отримані результати підтверджують ефективність поєднання IoT-платформ з простими апаратними рішеннями для автоматизації локальних інфраструктурних об'єктів [6].

У перспективі подальшого розвитку доцільно реалізувати енергозберігаючі алгоритми, автономне живлення на основі сонячних панелей та впровадити розширену аналітику з використанням машинного навчання для прогнозування стану середовища та оптимізації режимів роботи системи.

Література

1. Lea P., Karki P. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. – Packt Publishing, 2018. – 514 p.
2. Гудфеллоу І., Бенджіо Й., Курвіл А. Глибоке навчання. – Київ: Наш формат, 2021. – 576 с.
3. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/resources>
4. Blynk IoT Platform. Official Documentation. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.blynk.io/>
5. Sharma V., Sehgal R. Design and Implementation of Smart Pool Monitoring System Using IoT. // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 10, Issue 4, April 2021. – P. 84–89.
6. Коломієць А.М., Сивухін В.А. Системи автоматизації вбудованих об'єктів з використанням IoT-платформ. // Наукові записки ХНУ, 2020. – №3(278). – С. 147–152.

References

1. Lea, P., & Karki, P. (2018). Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. Packt Publishing.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2021). Deep Learning. Kyiv: Nash Format. (Ukrainian translation).
3. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. Retrieved from <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/resources>
4. Blynk IoT. Official Documentation. Retrieved from <https://docs.blynk.io/>
5. Sharma, V., & Sehgal, R. (2021). Design and Implementation of Smart Pool Monitoring System Using IoT. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 10(4), 84–89.
6. Kolomiets, A.M., & Syvukhin, V.A. (2020). Automation Systems for Embedded Objects Using IoT Platforms. Scientific Notes of Khmelnytskyi National University, 3(278), 147–152. (in Ukrainian)