

УДК 628.1:681.518:004.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.7>

АВТОМАТИЗОВАНА ІОТ СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ СЕЛИЩА ТЕПЛИК

Легойда Ю. В. – студентка кафедри інформаційних систем та технологій
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
ORCID ID: 0009-0006-2464-2835

Кравченко О. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформаційних систем та технологій
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
ORCID ID: 0000-0002-9669-2579

Інтернет речей (IoT) – це мережа пристроїв, даних та інших технологічних функцій для здійснення будь-якої операції більш інтуїтивно з мінімальним втручанням людини. IoT поступово проникає в повсякденне життя та комерційну сферу. Концепція четвертої промислової революції (Промисловість 4.0) в значній мірі базується на інтуїтивній адаптації IoT та інтелектуальній автоматизації в кожній промисловій діяльності. У останні кілька років IoT також увійшов у сферу управління водою та стічними водами. Погіршення якості води, зниження рівня води, моделі споживання води та брак резервних ресурсів – це кілька проблем, з якими зараз стикаються водопровідні промислові підприємства, а необхідне використання води негативно вплинуло на біорізноманіття та природні середовища проживання до такого рівня, що його стало замало в основних регіонах України та у світі в цілому. Технологія IoT надає рішення для моніторингу в режимі реального часу для промисловості водопостачання та інших секторів, які використовують воду як основний ресурс, допомагаючи пом'якшити вплив дефіциту. Традиційно спеціалісти в різних галузях використовували ваги для вимірювання рівня води та записували все вручну. Це створило проблеми, головною з яких були неточності вимірювання, що впливало на рівень запасів і порушувало весь процес. Технологія IoT є революційною концепцією, яка процвітає завдяки швидкому промислового визнання. У даній роботі було розглянуто розробку та впровадження автоматизованої системи IoT для управління насосною станцією водопостачання селища Теплик. Основним завданням є створення системи, що забезпечить стабільний рівень води та оперативну реагувати на зміни у водопостачанні, забезпечуючи надійні умови життя для мешканців. Завдяки цьому оператори можуть віддалено спостерігати, контролювати та оптимізувати зміни відповідно до умов навколишнього середовища або інших викликів під час вийськового стану. В ході дослідження було проведено розрахунки оптимального рівня баку для конкретної категорії користувачів та визначено час пік, коли попит на воду найвищий. Розроблена система відображає практичний приклад застосування Інтернету речей для вирішення актуальних проблем водопостачання та демонструє можливість автоматизації та оптимізації ресурсів у сучасних умовах.

Ключові слова: автоматизація, насосна станція, водопостачання, посухи, IoT-технології, Blynk, Arduino, мікроконтролер, архітектура IoT.

Lehoida Yu. V., Kravchenko O. V. Automated IoT system for managing the water supply pump station of Tepyk village

Internet of Things (IoT) is a network of devices, data, and other technological functions designed to perform any operation more intuitively with minimal human intervention. IoT is gradually permeating everyday life and the commercial sphere. The concept of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) is largely based on the intuitive adaptation of IoT and intelligent automation in every industrial activity. In recent years, IoT has also entered the field of water and wastewater management. The deterioration of water quality, decreasing water levels, water consumption patterns, and lack of backup resources are some of the problems currently faced by water supply industries. Reckless water use has negatively impacted biodiversity and natural habitats to such an extent that it has become scarce in key regions of Ukraine and globally. IoT technology provides real-time monitoring solutions for the water supply industry and other sectors that use water as a primary resource, helping to mitigate the impact of scarcity. Traditionally,

specialists in various fields used scales to measure water levels and recorded everything manually. This created problems, the main one being measurement inaccuracies, which affected stock levels and disrupted the entire process. IoT technology is a revolutionary concept that thrives on rapid industrial recognition. This work discusses the development and implementation of an automated IoT system for managing the water supply pump station in the village of Teplyk. The main task is to create a system that ensures a stable water level and promptly responds to changes in water supply, providing reliable living conditions for residents. This allows operators to remotely monitor, control, and optimize changes according to environmental conditions or other challenges during wartime. During the research, calculations were made to determine the optimal tank level for specific user categories and to identify peak times when water demand is highest. The developed system represents a practical example of using the Internet of Things to solve current water supply problems and demonstrates the potential for automation and resource optimization in modern conditions.

Key words: automation, pump station, water supply, drought, IoT technologies, Blynk, Arduino, microcontroller, IoT architecture.

Вступ. Зростаючі потреби сучасного суспільства в ефективному управлінні ресурсами та забезпеченні комфортних умов життя стимулюють впровадження новітніх технологій у різноманітні сфери життєдіяльності. Однією з таких технологій, яка набуває все більшої актуальності, є Інтернет речей (IoT). Ця концепція полягає в зв'язку між фізичними пристроями та їхніми можливостями з мережею Інтернет [1], що дозволяє здійснювати автоматизацію, збір та обмін даними без прямого втручання людини.

Однією з актуальних областей застосування IoT є управління водопостачанням та контроль рівня води у водонапірних баштах. Зокрема, в контексті сучасного селища, така система набуває великого значення для забезпечення надійного та ефективного водопостачання мешканців. В умовах постійних змін, пов'язаних зі зростанням населення, кліматичними змінами та інфраструктурними викликами, автоматизована система управління водопостачанням стає невід'ємною складовою інфраструктури міста чи селища.

Основним компонентом системи водопостачання є насосні станції, які забезпечують подачу води в мережу та підтримують необхідний тиск у системі. Автоматизована система управління насосними станціями, базована на IoT, може забезпечити постійний рівень води та оперативно повідомляти про недостачу води, що є критичним для життєвих потреб населення.

Завдяки технологіям Інтернету речей (IoT), пристрої, такі як датчики рівня води, мікроконтролери, насоси та інші ключові компоненти, можуть бути з'єднані в мережу для взаємодії між собою. Це дозволяє створювати розумні системи управління, які можуть автоматично приймати рішення щодо контролю насосів для підтримки оптимального рівня води, отримувати інформацію про стан системи, здійснювати дистанційний моніторинг і контроль, а також знижувати витрати води, усуваючи недоліки ручного управління [2].

Забезпечення водних ресурсів є критично важливим не лише для споживання людьми, але й для підтримання родючості ґрунтів. Сучасні методи ведення війни завдають значної шкоди навколишньому середовищу. Переміщення важкої техніки, спорудження фортифікацій, навмисне затоплення територій, як у випадку з підливом Каховської ГЕС, а також бойові дії, переважно пошкоджують ґрунтовий покрив, роблячи його непридатним для використання. Воєнні конфлікти можуть також призвести до суттєвих змін у кліматі, таких як зменшення кількості опадів, що може спричинити посуху, як це зараз спостерігається в східних регіонах України. Важливо усвідомлювати, що аграрний сектор відіграє ключову роль у забезпеченні продовольством населення країни та в експорті продукції на зовнішні ринки.

Саме тому актуальність теми також полягає у можливості забезпечення сталого та надійного водопостачання для сільськогосподарських культур навіть у випадках обмеженості ресурсів та непередбачуваних умовах, які можуть виникнути через російське вторгнення в Україну, що призводить до посушливого клімату. Дана система дозволяє зменшити присутність людини на полях, що стає небезпечним через військову агресію та знижує ризик помилок чи недоліків у процесі управління.

Моніторинг води в сільському господарстві – це не лише питання ефективного вирощування культур. Оскільки сільське господарство використовує значну кількість води, критично важливо, щоб її використання було якнайточнішим для забезпечення його сталості.

Селище Теплик, розташоване в Гайсинському районі Вінницької області [3], з точки зору постачання води в сільському господарстві, відіграє ключову роль у забезпеченні різноманітних вирощувань та тваринництва. Враховуючи асортимент вирощуваних культур, таких як пшениця, буряк цукровий, соя, кукурудза, горох, ріпак, люцерна, суданка, ячмінь двох сортів (ярий та озимий) та соняшник, а також вирощування тварин, необхідність у водопостачанні стає особливо важливою, особливо під час вегетаційного періоду.

Для вирощування таких культур необхідно постійне та надійне забезпечення водою для поливу полів. Водонапірна башта та системи насосів можуть використовуватися для підтримки потрібного рівня вологості ґрунту в умовах недостатнього опадів або забезпечення води в періоди засухи.

Крім того, важливо враховувати оптимальне використання води для поливу, щоб уникнути її надмірного витрату та забезпечити ефективне використання ресурсів. Використання сучасних технологій водопостачання, таких як автоматичні системи поливу та інтеграція IoT-датчиків для моніторингу вологості ґрунту, може допомогти забезпечити оптимальне використання водних ресурсів у вирощуванні культур у селищі Теплик.



Рис. 1. Цех із виготовлення ковбас від «М'ястотека» що на Тепличчині

Також, не менш важливо, враховувати водопостачання для тваринництва, таке як поїлки для худоби та птиці, для забезпечення необхідної кількості питної води та забезпечення стабільних умов утримання тварин. У селищі pojawiaються м'ясні цехи та магазини такі як «М'ясотека» (рис. 1) [4], де подача води також є головним пріоритетом.

Водонапірна башта як об'єкт автоматизації

Як наслідок військової агресії Російської Федерації Україна стикається з серйозною екологічною кризою. На території країни відбувається забруднення ґрунтів внаслідок військових дій, мінування, пожеж лісів і забруднення повітря [5]. Також забруднюються і водні ресурси. Це може мати серйозні наслідки, включаючи різноманітні захворювання бактеріологічного та хімічного впливу.

Однак люди бажають використовувати чисту та якісну воду. Саме тому, більшість споживачів обирають підземні джерела. Вода з підземних джерел, таких як артезіанські криниці або колодязі, часто вважається чистішою та менш забрудненою порівняно з водою з поверхневих джерел, таких як річки або озера. Це через те, що вода проникає вглиб і зберігається в глибоких шарах ґрунту де менше піддається забрудненню від людської діяльності та зовнішніх факторів. А водонапірні башти виступають як ключові елементи інфраструктури для забезпечення доступу до чистої води для населення.

Водонапірна башта [6] – це споруда, яка використовується в системі водопостачання для регулювання тиску і розходу води в водопровідній мережі, створення її запасу та вирівнювання графіка роботи насосних станцій. Водонапірна башта, крім своєї основної функції забезпечення регулювання тиску та розходу води, є також важливим елементом інфраструктури водопостачання, який забезпечує безперебійне постачання води в систему навіть у випадках перебоїв у роботі насосних станцій чи інших технічних неполадок.

Водонапірна башта (рис. 2) також використовується для зберігання запасів води, що може бути особливо важливим у випадках пікового навантаження системи або аварійних ситуацій. Її наявність дозволяє забезпечити надійність та стабільність роботи системи водопостачання, а також економію енергії шляхом оптимізації графіка роботи насосних станцій.

Водонапірна башта включає резервуар для води, зазвичай циліндричної форми, який розташовується на опорній конструкції. Основна функція водонапірної башти полягає в регулюванні подачі води: у періоди зниженого споживання надлишок води, яку постачає насосна станція, накопичується в башті, а потім використовується під час підвищеного споживання. Висота водонапірної башти, від землі до нижньої частини резервуара, зазвичай не перевищує 25 метрів, і лише іноді сягає 30 метрів. Об'єм резервуара варіюється від кількох десятків до кількох тисяч кубічних метрів, залежно від розмірів водопроводу. Опорні конструкції виготовляють переважно зі сталі або залізобетону, рідше з цегли, тоді як резервуари зазвичай роблять з залізобетону або сталі.

Водонапірні башти оснащені трубопроводами для подачі та відведення води, переливними пристроями для запобігання переповненню резервуара, а також системою вимірювання рівня води з можливістю телекомунікаційної передачі сигналів до диспетчерського пункту [7].

Водонапірна башта будується так високо для забезпечення необхідного тиску води у водопровідній системі. Висота башти створює різницю в рівнях, яка є причиною тиску. Чим вище розташована башта, тим більший тиск води може бути забезпечений у водопровідній мережі. Високий тиск дозволяє воді подолати

опори, такі як опір труб, та досягти вищих точок, таких як вищі поверхи будівель або віддалені райони.



Рис. 2. Водонапірні башти розташовані в селищі Теплик, Гайсинського р-ну, Вінницької обл.

Крім того, велика висота водонапірної башти дозволяє накопичувати більші об'єми води, що може бути важливим у випадках пікового навантаження системи або в разі аварійних ситуацій, коли потрібно забезпечити безперебійне водопостачання. Таким чином, висока водонапірна башта є важливим елементом для забезпечення надійності та ефективності системи постачання води.

Одна з найпоширеніших систем водонапірних башт – «Башта Рожновського», використовується для регулювання витрати та тиску води у водопровідній мережі, створення запасів води та вирівнювання графіка роботи насосних станцій.

Найчастіше водонапірні башти в комплектації мають [8]:

- сходи з огороженням;
- відвідну трубу;
- петлі для підйому і установки башти;
- внутрішню сходи;
- верхній і нижній оглядові люки;
- скоби-льодоутримувачі;
- 4 розтяжки, що мають товщину 12 мм.

Вартість водонапірної башти Рожновського залежить від висоти опори і обсягу бака. Для цього необхідно розрахувати споживання, щоб вибрати підходящий варіант споруди. Чим більше води витрачається населенням, тим більше її запас повинен міститися в установці [9].

Таблиця 1

Конфігурації водонапірної башти

Найменування	10м ³	15м ³	25м ³	50м ³	160м ³
Об'єм баку	10 куб. метрів	15 куб. метрів	25 куб. метрів	50 куб. метрів	160 куб. метрів
Діаметр баку, мм	2400	3020	3020	3020	3020
Загальна висота, м	11.5 м	15.5 м	21.5 м	26.6 м	26 м
Вага, кг	2500	3100	5500	12000	26600

Для того, аби дізнатися тиск у водонапірній башті, спочатку потрібно визначити висоту підйому води, використовуючи формулу:

$$h = n * h_e,$$

де n – число поверхів у будівлі, а h_e – висота поверху.

Далі скористаємося формулою Паскаля [10] визначення тиску лише на рівні Землі.

$$P = \rho * g * H,$$

де ρ – густина води, g – прискорення вільного падіння тіла [11], піднятого над землею, а H – висота водонапірної вежі.

Застосувавши ці дві нескладні формули, можна дізнатися який тиск у водонапірній вежі на певному поверсі будівлі.

Зазвичай резервуар водонапірної башти виготовляється прямокутної або круглої форми, співвідношення між діаметром і висотою якого залежить від індивідуальних архітектурно-будівельних і технологічних параметрів. Об'єм резервуара, так само як і висота опори, визначається відповідно до результатів розрахунків водорозподільної мережі. Для захисту водного запасу від забруднення та замерзання резервуар башти оточений спеціальним захистом. Подача води до башти здійснюється за допомогою насосів.

Багато водонапірних башт, розташованих на залізничних станціях і депо, спочатку забезпечували водою ремонтні майстерні та водозаправні колонки для паровозів, проте до 60-х років XX століття вони втратили свою значимість у зв'язку з переходом станцій і депо на центральну систему водопостачання. Наразі більшість з цих башт використовується у приміських та сільських місцевостях для надання води у конкретних районах [12].

Також не слід забувати й про закон сполучених посуд, оскільки дана система чудово проглядається як приклад.

Суть закону в тому, що посудини, які мають з'єднання трубопроводом та розташовані на різних рівнях, називаються сполученими, рівень рідини у цих посудинах визначається зовнішнім тиском і масовими силами, що діють на неї, а не формою посудини. Використання сполучених посудин в повсякденному житті відоме ще з давніх часів і має свої корені у стародавніх практиках, таких як будівництво пірамід в Стародавньому Єгипті, де вони використовувалися, наприклад, для монтажу рівня.

Закон сполучених посудин [13] – закон гідростатики [14], який встановлює співвідношеннями між рівнями рідин у сполучених посудинах.

Рівень рідини в посудинах, сполучених між собою – однаковий.

Якщо різні коліна сполучених посудин заповнені різною рідиною, то висоти стовпів рідини співвідносяться обернено пропорційно до їхніх густин

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1},$$

де літерою h позначені висоти в різних колінах, а літерою ρ – густини рідин. Закон сполучених посудин є наслідком закону Паскаля і виводиться із рівності тисків в каналі, який сполучає посудини.

Рівновага тисків в сполучених каналах записується у формі

$$P_i + \rho_i g h_i = \text{const},$$

де P – тиск на поверхні стовпа рідини, g – прискорення вільного падіння.

У випадку однакових тисків це рівняння зводиться до

$$\rho_i h_i = \text{const}$$

Даний закон чудово проглядається у побуті, а саме у водонапірній башті.

Необхідні розрахунки

Вплив конфлікту на водні ресурси відчутний в усіх галузях економіки та вже виходить за межі національних кордонів. В Україні є значне скорочення водозаборів та зростанням скидів забруднених стічних вод. Помітна нерівномірність у розвитку систем водопостачання та каналізації. Військові дії внаслідок повномасштабного вторгнення спричинили серйозний негативний вплив, особливо в найбільш вразливих східних та південних регіонах.

У 2024 році в Україні найбільше водних ресурсів вимагає сільське господарство. Основні галузі, які використовують значні обсяги води в сільському господарстві, включають зрошувальне землеробство, вирощування рослин і тваринництво.

Для нашої системи контролю подачі води, потрібно визначити максимальний об'єм баку водонапірної башти та найкращий час для запуску насоса. Було проведено опитування серед звичайних мешканців, що дає розуміння того, скільки споживає води одна сучасна людина в приватному будинку та у квартирі.

Для однієї людини що проживає у приватному будинку:

- Щоденний прийом душа та особиста гігієна: 20–30 л;
- Змив води в унітазі один раз: 5 л (в середньому за день одна людина нажимає на змив 6 разів);
- Прання: 20 л;
- Приготування їжі: 5 л;
- Миття посуду: 10 л;
- Господарство (залежить від одиниці голів тварин): 20–40 л.

Отож, на основі списку, що представлений вище, у середньому загальна сума використання водних ресурсів для однієї людини, нараховується приблизно 95–135 л використаної води на день. Однак загальний показник збільшується коли кількість людей, відповідно, збільшується чи змінюється клімат. У посушливі періоди використання води на власні потреби збільшується майже у 1.5 рази. Тому сума може варіюватися від 202,5–210 л води на одну особу. Нехай врахуємо, що середньостатистична українська сім'я нараховує 4 особи у будинку, то кількість води буде нараховуватись приблизно 75–105 л/день, оскільки деяка діяльність відбувається спільно. Тобто за день усього сім'я з 4 людини використовує 360–540 л води.

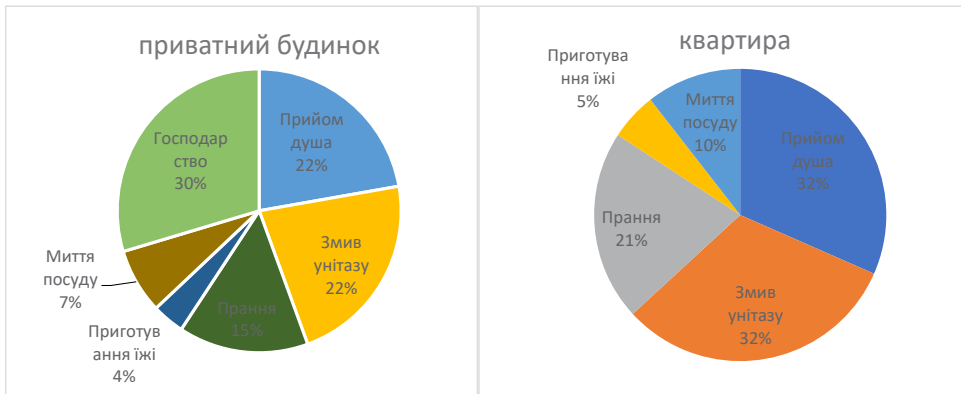


Рис. 3. Графіки показу використання водних ресурсів залежно від місця проживання: а – у приватному будинку; б – у квартирі

Більшість приватних будинків мають власні ділянки з городом, садом, теплицею і т. п. Для такої діяльності теж потрібна вода, однак українці загалом використовують не питну воду, що тече з крану, а використовують системи зберігання дощових вод для подальшого використання. Наприклад, воду можна збирати у спеціальних резервуарах під землею чи у спеціальних ємностях на поверхні.

На півдні України, де клімат є спекотним і сухим, дощові води можуть бути менш доступним ресурсом для зрошення городів та сільськогосподарських угідь порівняно з північними регіонами. Однак, це не означає, що дощові води не використовуються загалом. У південних областях для зрошення городів і сільськогосподарських культур можуть використовуватися інші джерела води, такі як річки, ставки, артезіанські свердловини та штучні водосховища.

Щодо людей які проживають у квартирах, кількість споживання води значно менша, оскільки не включають у себе підпункт господарство, що було присутнє для приватного будинку.

Для однієї людини що проживає у квартирі:

- Щоденний прийом душа та особиста гігієна: 20–30 л;
- Змив води в унітазі один раз: 5 л (в середньому за день одна людина нажимає на змив 6 разів);
- Прання: 30–40 л;
- Приготування їжі: 10 л;
- Миття посуду: 5 л.

В середньому, загальна кількість літрів що використовується однією сучасною людиною, яка проживає у квартирі становить 65–95 л/день. Якщо враховувати посушливий клімат, то 142,5–150 л/день, розподілити квартиру на 4 людини, то на одну людину буде припадати (якщо не враховувати діяльність, що може зробити лише одна людина по типу помити посуд чи прання) 60–75 л/день. Усього на 4 людини 275–380 л/день.

Розрахунок споживання води на тиждень на одну особу:

Для приватного будинку: $7 \cdot 135 \text{ л} = 945 \text{ л}$ використаної води (1470 л з урахуванням зміни клімату);

Для квартири: $7 \cdot 95 \text{ л} = 665 \text{ л}$ використаної води (1050 л з урахуванням зміни клімату).

Розрахунок використання води щомісячно на одну особу:

Для приватного будинку: $31 \cdot 135 \text{ л} = 4185 \text{ л}$ використаної води (6510 л з урахуванням зміни клімату);

Для квартири: $31 \cdot 95 \text{ л} = 2945 \text{ л}$ використаної води (4650 л з урахуванням зміни клімату).

Розрахунок використання води щорічно на одну особу(у високосному році):

Для приватного будинку: $366 \cdot 135 \text{ л} = 49\,410 \text{ л}$ використаної води (76\,860 л з урахуванням зміни клімату);

Для квартири: $366 \cdot 95 \text{ л} = 34\,770 \text{ л}$ використаної води (54\,900 л з урахуванням зміни клімату).

**Для розрахунку загальної кількості споживання води у разі зміни клімату використовувалися максимальні значення*.*

Отже, порівнявши вищенаведені графіки (рис. 3) та цифри, можна зробити висновок, що тип місця проживання та кількість людей у будинку, дійсно впливає на використання водних ресурсів. Також на дану статистику впливають і зовнішні чинники, такі як клімат та опади.

Було також здійснено аналіз щодо пікового споживання електроенергії (рис. 4) для того, аби визначити найкращий час запуску насосів для заповнення резервуарів з найменшим навантаженням на електроенергію в умовах енергетичної кризи під час військового конфлікту.

За допомогою Інтернет джерел та опитування типових мешканців, можна прийти до висновку, що графік споживання електроенергії взимку та влітку майже однакові, відрізняються лише кількість споживання. Влітку в основному найбільше використовується електроенергія з 16:00–19:00 через спеку, оскільки збільшується використання кондиціонерів.

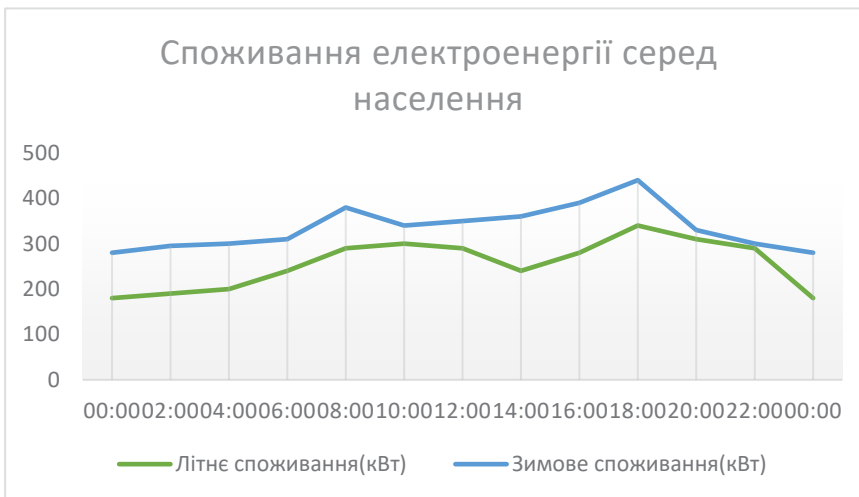


Рис. 4. Графіки споживання електроенергії влітку та взимку серед населення

Зимовий графік електроспоживання має дещо інший вигляд. Перш за все, кількість споживання зросло – бо в денні години електроенергію використовують для обігріву, а через короткий світловий день люди раніше вмикають освітлення. Таким чином пік споживання зараз змістився на 17:00. Найкращим часом

для запуску системи припадає на нічний час (з 23:00 до 07:00): Вночі споживання електроенергії загалом нижче через те, що багато виробничих підприємств припиняють роботу або працюють на мінімальному рівні. Таким чином, вночі може бути оптимальним часом для запуску насоса для водонапірної башти.

Запуск насоса для водонапірної башти у періоди з меншим навантаженням на енергосистему допоможе уникнути пікового навантаження електроенергії, знизити витрати на тарифи за електроенергію та уникнути небажаного дефіциту водопостачання.

Матеріали та методи

Для відтворення автоматизованої IoT системи управління насосної станції, варто визначитись із його IoT архітектурою (рис. 5) та алгоритмом спрацювання за допомогою блок-схеми (рис. 6).

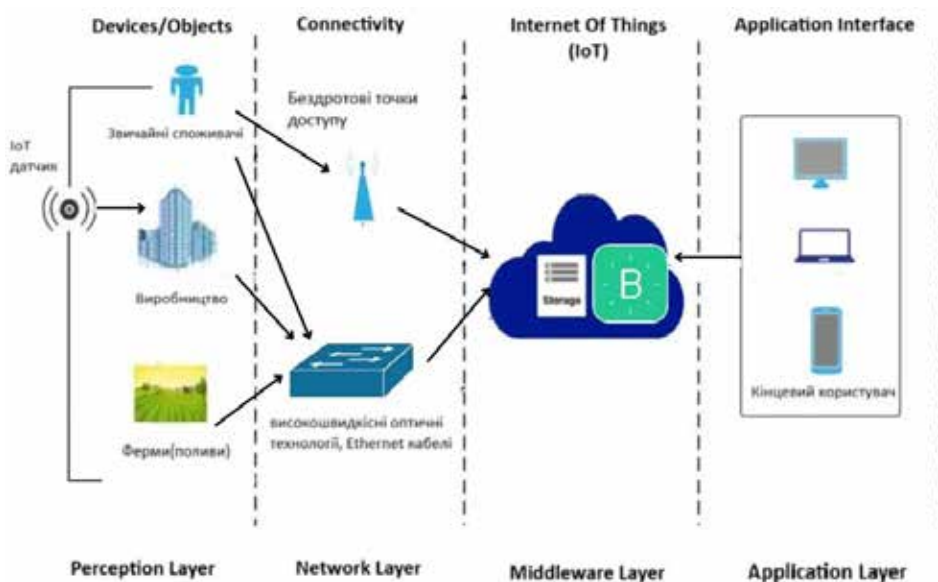


Рис. 5. Архітектура IoT системи

Згідно архітектури ми отримуємо інформацію про стан датчиків, датчики читають про рівень води у водонапірній башті, що використовується на виробництві, полях, на утримання тварин (фермах) або для використання звичайними мешканцями, що використовують воду на власні потреби. Оператор, у свою чергу, має доступ до бази даних, інформацію яких, зібраних із датчиків що пройшли через системи зв'язку такі як бездротові мережі (Wi-Fi (802.11), Bluetooth, Zigbee, Z-Wave тощо) та оптоволоконні медіаконвертери.

Щодо відтворення апаратної частини проєкту було обрано платформу Arduino. Arduino (Ардуіно) [21] – апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++.

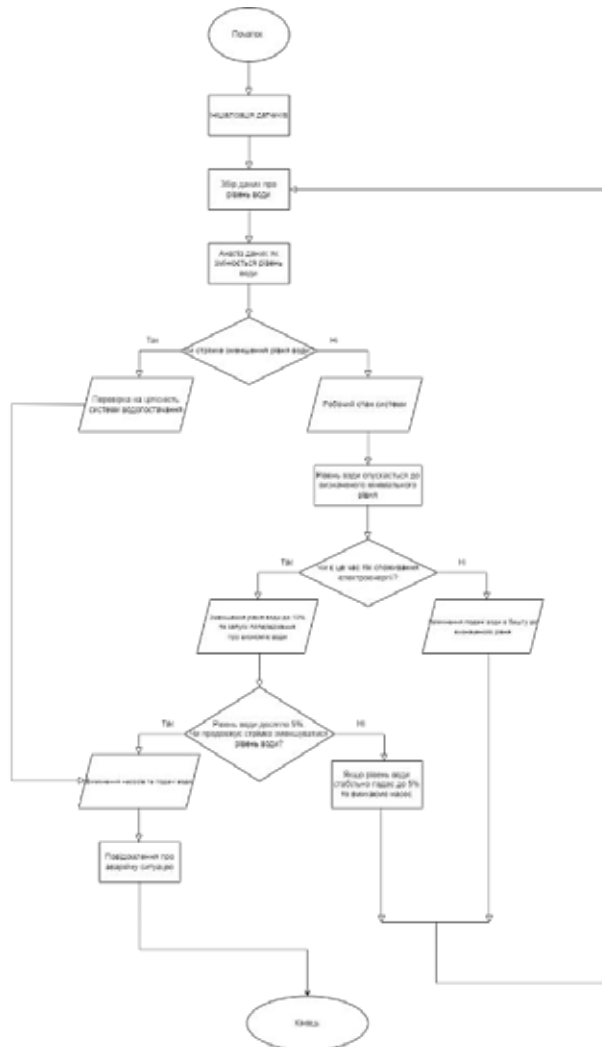


Рис. 6. Блок-схема алгоритму спрацювання автоматизованої IoT системи управління насосної станції водопостачання

Ми здійснили закупівлю плати Arduino Uno та мікроконтролер з вбудованим модулем Wi-Fi ESP32. Є подібний мікроконтролер – ESP8266 однак він є менш потужним та економічним варіантом, тоді як ESP32 має більше ресурсів та може працювати з більшим набором функцій. Такі плати мають вбудовані аналогові та цифрові піни, можуть комунікувати за допомогою різних інтерфейсів, таких як UART, I2C, SPI, і мають підтримку широкого спектру датчиків та актуаторів.

Для нашої автоматизованої системи були використані наступні компоненти: плати Arduino Uno, ESP32, ультразвуковий датчик, рідинно-кристалічний дисплей, I2C модуль, реле модуль, світлодіоди, резистори 180 Ом, монтажна дошка, стрижні для монтажу, насос для води та трубка.



Рис. 7. Інтегровані у систему плати: а – Arduino Uno;
б – Мікроконтролер ESP32 Development Board WiFi

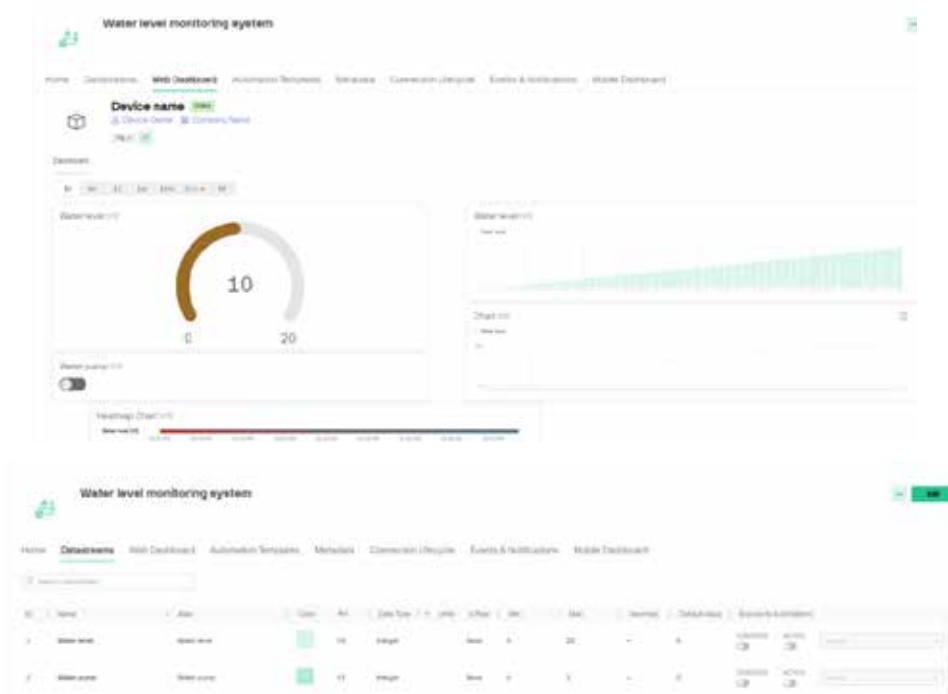


Рис. 8. а – Інтерфейс автоматизованої IoT системи управління насосної станції водопостачання на платформі Blynk;
б – Вигляд інтегрованої бази даних на платформі

Головним елементом в IoT є комунікаційний модуль, що присутній у ESP32. За допомогою нього можна забезпечити зв'язок та передачу даних між різними компонентами. Як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IoT, GSM/GPRS забезпечують широкі можливості для зв'язку із центральним контролером або хмарною платформою, що дозволяє віддалено контролювати та керувати нашою системою. Інтернет речей (IoT) передбачає використання різноманітних платформ для збору,

збереження та аналізу даних, керування пристроями та реалізації функцій зв'язку в мережі. Ми оглянули надзвичайно чудову платформу Blynk [23] від американської технологічної компанії Blynk Technologies Inc (рис. 8). Також у цій платформі можна швидко та легко налаштувати повідомлення у разі аварійних ситуацій чи для звичайного сповіщення для користувачів, що буде приходити як на електронну пошту користувача, так і на пристрій у вигляді екстреного повідомлення.

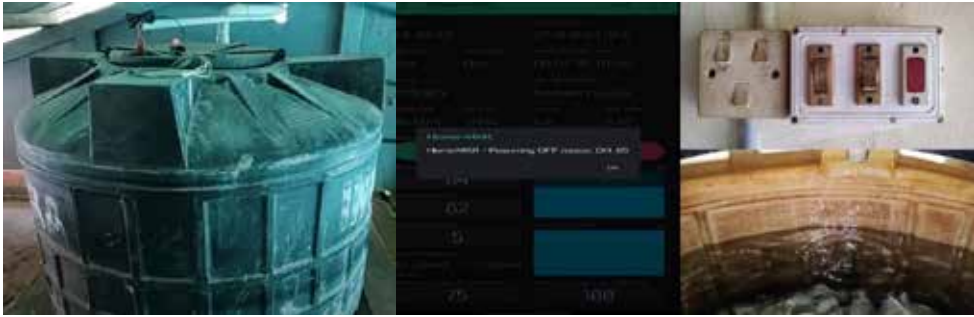


Рис. 9. Підключення системи до ємності. Тестування системи

Отже, підключивши та протестувавши нашу автоматизовану IoT систему управління насосної станції водопостачання (рис. 9) ми можемо проаналізувати результати роботи та зробити **висновки**:

- Система є ефективною у контролі та подачі водопостачанням та управлінням насосної станції. За допомогою даної системи оператор має можливість отримати інформацію про рівень води у водонапірній башті, графіки зміни тенденції споживання води, отримати повідомлення у разі аварійних ситуацій;
- Система, яка надає звіт та статистичні дані, дозволяє ефективно використовувати насосну станцію для подачі води;
- Система дозволяє автоматично наповнювати башту водою на основі прийнятих рішень про пік споживання електроенергії та рівня води на основі вже розрахованих даних про тип будинку, місце проживання та типу користувачів;
- Дана система є досить простою у користуванні, її інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим для користувачів;
- Система є актуальною в умовах енергетичної кризи під час військового стану в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vinod, G.; Peter, A.V.; Rao, I.S.; Sailaja, S.; Babu, Y.S. IoT based Water Quality Monitoring System Using WSN. *Indian J. PublicHealth Res.* 2018, 410 p.
2. Priya, S.K.; Shenbaga, L.G.; Revathi, T. Design of smart sensors for real time drinking water quality monitoring and contamination detection in water distributed mains. *Int. J. Eng. Technol.* 2017, 47 p.
3. Теплик [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://teplyk-biblioteka.edukit.vn.ua/krayeznavstvo/istoriya_nazvi_teplika/, 2023
4. Vita Channel TV [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.instagram.com/vita.channel.tv/>, 2023
5. Вплив воєнних дій в Україні на водні ресурси та стан довкілля [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://firtka.if.ua/blog/view/vpliv-voieniikh-diyi-v-ukrayini-na-vodni-resursi-ta-stan-dovkillia>, 2023

6. Водонапірна вежа [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Terminolohichniy_slovnyk-dovidnyk_z_budivnytstva_ta_arkhitektury.pdf, 2016
7. Водонапірна башта [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://newhohol.com.ua/articles/vodonapornaya-bashnya.html>, 2024
8. Як працюють водонапірні башти: водонапірна башта Рожновського [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://poradumo.com.ua/39525-iaк-pracuut-vodonapirni-bashti-vodonapirna-bashta-rojnovskogo/>, 2015
9. Водонапірна башта Рожновського (ВБР-25) [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.promstan.com.ua/ua/production/vbr-25>, 2024
10. Закон Паскаля [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=355&chapterid=1142>, 2019
11. Прискорення вільного падіння [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/10322>, 2024
12. Опис водонапірної башти [Електронний ресурс] // <https://> Режим доступу: <https://gazvodakiev.com.ua/ua/p827307753-vodonapornaya-bashnya-rozhnovskogo.html>, 2024
13. Закон сполучених посудин [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://naurok.com.ua/zakon-paskalya-spolucheni-posudini-163694.html>, 2024
14. Гідростатика [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://web.posibnyku.vntu.edu.ua/fbteq/tkachenko_gidro_gazo_dunamika/page14.html, 2021
15. Як розрахувати норму водоспоживання для підприємства [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://expertcentr.com.ua/uk/yak-rozrahuvati-normu-dlya-pidpriemstva-vodospozhyvannya/>, 2021
16. Норми споживання води для населення в Україні [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://poverka.org.ua/normi-spozhyvannja-vodi-dlja-naselennja-v-ukraini/>, 2024
17. Стало відомо, які норми витрат води на одного українця, і в яких містах найдорожчі тарифи [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://finance.today.ua/stalo-vidomo-yaki-normy-vytrat-vody-na-odnogo-ukrayintsya-i-de-najdorozhchitartyfy/>, 2023
18. Тарифи на водопостачання та водовідведення [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/>, 2024
19. Тариф на електроенергію: скільки платитимуть українці за світло 2024 року [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://tsn.ua/groshi/tarif-na-elektroenergiyu-skilki-platitimum-ukrayinci-za-svitlo-2024-roku-2488111.html>, 2024
20. Споживання електроенергії в минулий осінньо-зимовий період зросло на 16% [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/spozhyvannia-elektroenerhii-v-mynulyi-osinno-zimovyi-period-zroslo-na-16>, 2024
21. Arduino. Вікіпедія [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino>, 2023
22. Arduino IDE [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/electronics/arduino/arduino-ide.html>, 2024
23. Blynk: a low-code IoT software platform. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://blynk.io/>, 2024

REFERENCES:

1. Vinod, G.; Peter, A.V.; Rao, I.S.; Sailaja, S.; Babu, Y.S. IoT based Water Quality Monitoring System Using WSN. *Indian J. Public Health Res.* 2018, 410 p.
2. Priya, S.K.; Shenbaga, L.G.; Revathi, T. Design of smart sensors for real time drinking water quality monitoring and contamination detection in water distribution mains. *Int. J. Eng. Technol.* 2017, 47 p.
3. Tepyk [Electronic resource] // Access mode: http://teplyk-biblioteka.edukit.vn.ua/krayeznavstvo/istoriya_nazvi_teplika/, 2023

4. Vita Channel TV [Electronic resource] // Access mode: <https://www.instagram.com/vita.channel.tv/>, 2023
5. The impact of military actions in Ukraine on water resources and the state of the environment [Electronic resource] // Access mode: <https://firtka.if.ua/blog/view/vpliv-voieniikh-diyi-v-ukrayini-na-vodni-resursi-ta-stan-dovkillia>, 2023
6. Water tower [Electronic resource] // Access mode: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Terminolohichnyi_slovyk-dovidnyk_z_budivnytstva_ta_arkhitektury.pdf, 2016
7. Water tower [Electronic resource] // Access mode: <http://newhohol.com/ua/articles/vodonapornaya-bashnya.html>, 2024
8. How water towers work: Rozhnovsky water tower [Electronic resource] // Access mode: <https://poradumo.com.ua/39525-iak-pracuut-vodonapirni-bashti-vodonapirna-bashta-rojnovskogo/>, 2015
9. Rozhnovsky water tower (VBR-25) [Electronic resource] // Access mode: <https://www.promstan.com.ua/ua/production/vbr-25>, 2024
10. Pascal's law [Electronic resource] // Access mode: <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=355&chapterid=1142>, 2019
11. Acceleration of free fall [Electronic resource] // Access mode: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/10322>, 2024
12. Description of the water tower [Electronic resource] // Access mode: <https://gazvodakiev.com.ua/ua/p827307753-vodonapornaya-bashnya-rozhnovskogo.html>, 2024
13. Law of communicating vessels [Electronic resource] // Access mode: <https://naurok.com.ua/zakon-paskalya-spolucheni-posudini-163694.html>, 2024
14. Hydrostatics [Electronic resource] // Access mode: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/tkachenko_gidro_gazo_dunamika/page14.html, 2021
15. How to calculate water consumption standards for an enterprise [Electronic resource] // Access mode: <https://expertcentr.com.ua/uk/yak-rozrahuvati-normu-dlya-pidpriemstva-vodospozhyvannya/>, 2021
16. Water consumption standards for the population in Ukraine [Electronic resource] // Access mode: <https://poverka.org.ua/normi-spozhyvannja-vodi-dlja-naselennja-v-ukraini/>, 2024
17. It became known what are the water consumption standards per Ukrainian, and in which cities the most expensive tariffs [Electronic resource] // Access mode: <https://finance.today.ua/stalo-vidomo-yaki-normy-vytrat-vody-na-odnogo-ukrayintsyia-i-de-najdorozhchi-taryfy/>, 2023
18. Water supply and sewerage tariffs [Electronic resource] // Access mode: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/>, 2024
19. Electricity tariff: how much Ukrainians will pay for electricity in 2024 [Electronic resource] // Access mode: <https://tsn.ua/groshi/tarif-na-elektroenergiyu-skilki-platitimit-ukrayinci-za-svitlo-2024-roku-2488111.html>, 2024
20. Electricity consumption increased by 16% last autumn-winter period [Electronic resource] // Access mode: <https://ua-energy.org/uk/posts/spozhyvannia-elektroenerhii-v-mynulyi-osinno-zymovyi-period-zroslo-na-16>, 2024
21. Arduino. Wikipedia [Electronic resource] // Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino>, 2023
22. Arduino IDE [Electronic resource] // Access mode: <https://itmaster.biz.ua/electronics/arduino/arduino-ide.html>, 2024
23. Blynk: a low-code IoT software platform. [Electronic resource] // Access mode: <https://blynk.io/>, 2024