

УДК 681.518

А.І. Журба, студентка гр. ПК-21, PhD, доц. Момот А.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

СЦЕНАРІЇ ЕФЕКТИВНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ІОТ МЕТЕОСТАНЦІЇ У СМАРТ СИСТЕМУ «РОЗУМНОГО ДОМУ»

Анотація. У статті розглядаються сценарії інтеграції IoT-метеостанцій у систему «розумного дому» для автоматизованого контролю температури, вологості, тиску, CO₂ та пилу. Показано, як використання цих даних дозволяє підтримувати безпечний і комфортний мікроклімат, підвищувати енергоефективність і покращувати якість повітря в житлових приміщеннях.

Ключові слова: Інтернет Речей, розумний дім, метеостанція, мікроклімат, CO₂, пил, енергоефективність, автоматизація.

ВСТУП

Питання якості повітря в закритих приміщеннях набуває все більшої важливості, адже людина проводить у них 80–90 % свого часу [1]. Ключовими параметрами мікроклімату є температура, вологість, атмосферний тиск, рівень CO₂ та концентрація пилу (PM2.5/PM10), які безпосередньо впливають на комфорт, працездатність та здоров'я. Перевищення допустимих норм цих показників може спричинити втому, головний біль, погіршення концентрації та серйозні порушення здоров'я при тривалому впливі.

Актуальними стають автоматизовані системи моніторингу повітря, що відстежують параметри в реальному часі та інтегруються у системи «розумного дому». IoT-метеостанції збирають дані про температуру, вологість, CO₂, тиск та пил і передають їх до централізованих систем керування. Вони дозволяють не лише моніторити показники, а й реалізовувати автоматичні реакції: увімкнення вентиляції, кондиціонера, зволожувача або фільтрації при відхиленні параметрів від норми.

Інтеграція IoT-метеостанцій у «розумний дім» створює адаптивне середовище, що підтримує безпечний і комфортний мікроклімат. Метою цієї роботи є аналіз сучасних підходів до моніторингу повітря та визначення сценаріїв інтеграції метеостанцій, які забезпечують стабільний і здоровий мікроклімат у житлових приміщеннях.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Останніми роками все більше досліджень присвячено інтеграції IoT-пристроїв у системи «розумного дому», де метеостанції відіграють ключову роль у забезпеченні комфортного мікроклімату. У цьому розділі наведено короткий огляд робіт, що відображають сучасний стан науки у цій сфері.

У дослідженні [2] запропоновано IoT-систему для моніторингу CO₂ з прогнозуванням концентрацій газу за допомогою LSTM-нейронної мережі. Система використовує NDIR-сенсори для вимірювання CO₂ та мікроконтролери ESP32 для збору даних. Модель прогнозує концентрацію CO₂ на горизонті до 8 годин вперед. Автоматизоване прогнозування дозволяє завчасно запускати вентиляцію, щоб уникнути накопичення CO₂. До недоліків системи належать значні обчислювальні ресурси, необхідні для LSTM, а також залежність від хмарних сервісів для зберігання й аналізу даних.

У роботі [3] розроблена IoT-платформа для моніторингу 8 забруднювачів повітря, а також вимірювання температури і вологості. Система використовує вузол із сенсорами, який надсилає дані через Wi-Fi або GSM на веб-портал та мобільний додаток. Для класифікації якості повітря автори застосували нейронні мережі. Серед недоліків дослідження: розгортання системи в одному приміщенні, що обмежує її репрезентативність; потреба численних IoT-вузлів для охоплення великої площі; а також проблеми з калібруванням і гарантією точності сенсорів у довготривалій роботі.

У публікації [4] проведено систематичний огляд 40 IoT-систем моніторингу якості повітря в приміщеннях. Автори відзначають, що більшість досліджених систем зосереджені на зборі даних і рідко реалізують автоматичне керування вентиляцією або іншими виконавчими пристроями. Серед проблем, на які звертають увагу дослідники, — потреба в калібруванні сенсорів, обмежена енергоефективність вузлів та надійність комунікаційних технологій.

Дослідження [5] демонструє застосування глибоких нейронних мереж для автоматичного виявлення об'єктів на термограмах, що дозволяє підвищити точність та швидкодію систем моніторингу. Подібні підходи можуть бути використані у IoT-метеостанціях для аналізу термальних зображень приміщень і прогнозування зон перегріву або застою повітря [6].

Сукупний аналіз досліджень показує значні напрацювання у сфері моніторингу мікроклімату, проте більшість рішень зосереджена на окремих параметрах, має обмежену функціональність і масштабованість, а сценарії автоматичного керування реалізовані частково або відсутні. Це підкреслює потребу у комплексних системах, що враховують кілька типів забруднень і підтримують різні сценарії автоматизації на доступних IoT-платформах.

ОГЛЯД СЦЕНАРІЇВ ІНТЕГРАЦІЇ ІОТ МЕТЕОСТАНЦІЇ У СМАРТ СИСТЕМУ «РОЗУМНОГО ДОМУ»

Інтеграція IoT-метеостанції у систему «розумного дому» передбачає створення єдиної архітектури, яка поєднує сенсорні модулі, центральний контролер та виконавчі пристрої, забезпечуючи автоматичне регулювання параметрів мікроклімату та освітленості. У основі системи лежить метеостанція або набір датчиків, що вимірюють температуру, відносну вологість, атмосферний тиск, концентрацію CO₂, дрібнодисперсний пил (PM2.5/PM10), леткі органічні сполуки (VOC) та інтенсивність освітлення. Дані з сенсорів передаються через бездротові протоколи Wi-Fi, LoRaWAN або NB-IoT на центральний контролер, реалізований на базі мікроконтролерів ESP32, ESP8266 або плат Raspberry Pi.

Обробка даних відбувається на IoT-платформах, таких як Home Assistant, Node-RED, ThingsBoard або Blynk, що дозволяють візуалізувати показники, вести історію вимірювань та задавати порогові значення для автоматичного керування. Комунікація між сенсорами, контролером та виконавчими пристроями здійснюється через протокол MQTT, що забезпечує швидкий та надійний обмін повідомленнями. Виконавчі модулі — вентиляційні установки, кондиціонери, зволожувачі та осушувачі повітря, очищувачі та освітлювальні

пристрої — підключаються через реле, твердотільні ключі або «розумні» розетки. Архітектура системи дозволяє масштабувати її, підключати нові сенсори та віддалено керувати всіма зонами приміщення.

Загальну архітектуру інтеграції IoT метеостанції у систему «розумного дому» наведено на рис. 1.

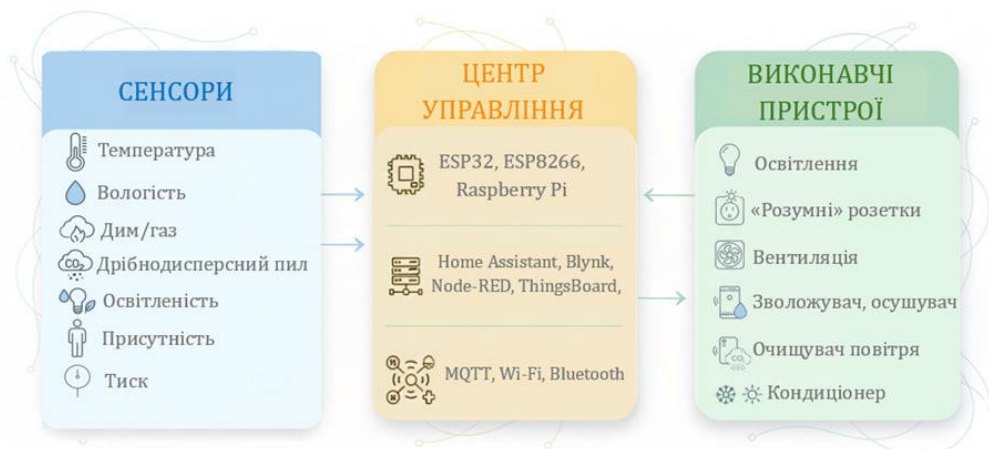


Рис. 1. Архітектура інтеграції IoT метеостанції у систему «розумного дому»

Прикладом інтеграції є сценарій регулювання вентиляції за рівнем CO₂. Коли сенсор фіксує перевищення концентрації понад допустимий поріг, наприклад 1000 ppm, контролер через MQTT надсилає команду на виконавчий пристрій — вмикає вентиляцію або відкриває квартиру. Після зниження рівня CO₂ до норми система автоматично повертається у звичайний режим. Такий підхід забезпечує здорове самопочуття мешканців, підвищує концентрацію та продуктивність і водночас зменшує витрати електроенергії, оскільки пристрої працюють лише за потреби без участі користувача.

Подібним чином очищення повітря від пилу активується при перевищенні PM2.5/PM10, а після нормалізації система автоматично вимикається. Для цього використовуються очищувачі повітря з HEPA-фільтрами, які ефективно затримують дрібнодисперсний пил, а за потреби можуть доповнюватися вуглецевими фільтрами для усунення запахів і летких органічних сполук. Такий підхід важливий для захисту дихальних шляхів мешканців, запобігання алергіям і підтримки чистоти повітря в приміщенні.

Система регулювання вологості підтримує її у діапазоні 40–60 %, вмикаючи зволожувач або осушувач залежно від вимірювань сенсора. Контроль вологості важливий для підтримки комфорту, запобігання сухості шкіри та слизових оболонок, а також утворенню цвілі та конденсату. Температурні сценарії забезпечують комфортний діапазон за допомогою кондиціонера або опалення і допомагають підтримувати оптимальні умови для життєдіяльності мешканців.

Контроль освітленості реалізується через спеціальні датчики: коли природного світла недостатньо, система включає штучне освітлення; при достатній освітленості воно зменшується або вимикається. Використання сенсорів присутності дозволяє адаптувати освітлення: воно вимикається у порожніх кімнатах і плавно відновлюється при появі людей, а у нічний час активується мінімальне приглушене світло для безпечного пересування.

ВИСНОВОК

У статті розглянуто сценарії інтеграції IoT-метеостанцій у систему «розумного дому» для автоматизованого контролю ключових параметрів мікроклімату. Проаналізовано архітектуру системи, що поєднує сенсори, центральний контролер та виконавчі пристрої, а також платформи для обробки та візуалізації даних.

Реалізація сценаріїв автоматичного регулювання показала ефективність у підтриманні безпечного і комфортного мікроклімату: вентиляція активується за підвищеного рівня CO₂, очищувачі повітря — при перевищенні концентрації пилу, зволожувачі та осушувачі — для стабілізації вологості, кондиціонери та опалення — для підтримки оптимальної температури, а освітлення — відповідно до природної освітленості та присутності людей. Інтеграція таких систем підвищує енергоефективність, зменшує витрати та забезпечує комфортний мікроклімат без участі користувача, формуючи адаптивне середовище в сучасних житлових приміщеннях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Indoor Air Quality / Parliamentary Office of Science and Technology. — Режим доступу: URL:<https://post.parliament.uk/research-briefings/post-pb-0054/> (дата звернення: 12.11.2025).
- [2] Marquez Zepeda M. J. Internet of Things Based CO₂ Monitoring and Forecasting System for Indoor Air Quality Management / Santos Ruiz R., Pérez Pérez A. та ін // Mathematical and Computational Applications. — 2025. — Т. 30, № 2.
- [3] Mumtaz R. Internet of Things (IoT) Based Indoor Air Quality Sensing and Predictive Analytic: A COVID-19 Perspective / Zaidi S. M. H., Shakir M. Z. та ін. // Electronics. — 2021. — Т. 10, № 2.
- [4] Saini R. Indoor Air Quality Monitoring Systems Based on Internet of Things: A Systematic Review / M. Dutta, G. Marques // International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2020. — vol. 17, № 14.
- [5] Skladchykov I.O. Application of YOLOX deep learning model for automated object detection on thermograms / I. O. Skladchykov, A. S. Momot, R. M. Galagan, Bohdan G.A., Trotsiuk K.M. // Information Extraction and Process. — 2022. — № 50. — pp. 69–77.
- [6] Momot A. Automation of decision-making in nondestructive testing systems using artificial intelligence // XXIV Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 13-14 травня 2025 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна : збірник матеріалів конференції. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. — с. 292-296

Наук. керівник – PhD, доц., Momot A.S