

УДК 004.6

DOI 10.31471/1993-9981-2020-2(45)-26-31

## АПАРАТНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ

**М.О.Слабінога, А.Б.Гавриш, Н.В.Іванків.**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, [mslabinoha@gmail.com](mailto:mslabinoha@gmail.com)

Робота присвячена розробці апаратного та програмного забезпечення системи моніторингу якості повітря в приміщенні. Було проведено аналіз існуючих рішень в галузі домашніх систем моніторингу якості повітря, виділено їхні основні переваги та недоліки, в результаті яких представлено вимоги до системи що розробляється. Виходячи з вимог, було розроблено загальну структуру системи, та вибрано засоби для реалізації її апаратного та програмного забезпечення. Зокрема, було прийняте рішення розробити систему на базі концепції "Інтернет речей", та наступними складовими: вузол збору даних, сервер опрацювання та зберігання даних, клієнтські додатки (веб-інтерфейс та мобільний додаток для операційної системи Android). Вузол збору даних з датчиків та відправки запитів на сервер було спроектовано на базі мікропроцесорної плати ESP8266. Взаємодію між вузлами системи було реалізовано з допомогою HTTP-запитів. В результаті, спроектовано та реалізовано апаратне та програмне забезпечення для системи моніторингу якості повітря в приміщеннях, що базується на концепції "Інтернет речей" та дозволяє здійснювати поточний моніторинг якості повітря, а також переглядати дані попередніх записів з допомогою користувацьких інтерфейсів. Було реалізовано два інтерфейси користувача: веб-орієнтований (на базі розробленої структури сайту), з використанням технологій веб-розробки, та у вигляді додатку для мобільних пристроїв, що працюють на базі операційної системи Android (на основі розробленої діаграми активностей та класів, з використанням мови програмування Java). Проведене тестування та наведено приклади використання даних інтерфейсів користувача в реальних умовах. Розроблене апаратно-програмне рішення дозволяє ефективно вирішувати задачу моніторингу показників якості повітря в приміщеннях, а вартість компонентної бази та затрат на розробку є нижчою від вартості готових комерційних рішень з аналогічними характеристиками.

**Ключові слова:** метеостанція, моніторинг якості повітря, мікропроцесорна система, цифрові датчики, інтернет речей.

Работа посвящена разработке аппаратного и программного обеспечения системы мониторинга качества воздуха в помещении. Был проведен анализ существующих решений в области домашних систем мониторинга качества воздуха, выделены их основные преимущества и недостатки, в результате которых представлены требования к разрабатываемой системе. Исходя из требований, была разработана общая структура системы, и выбраны средства для реализации ее аппаратного и программного обеспечения. В частности, было принято решение разрабатывать систему на базе концепции "Интернет вещей", и следующими составляющими: узел сбора данных, сервер обработки и хранения данных, клиентские приложения (веб-интерфейс и мобильное приложение для операционной системы Android). Узел сбора данных с датчиков и отправки запросов на сервер был спроектирован на базе микропроцессорной платы ESP8266. Взаимодействие между узлами системы было реализовано с помощью HTTP-запросов. в результате, спроектировано и реализовано аппаратное и программное обеспечение для системы мониторинга качества воздуха в помещениях, основанной на концепции "Интернет вещей", которое позволяет осуществлять текущий мониторинг качества воздуха, а также просматривать данные предыдущих записей с помощью пользовательских интерфейсов. Было реализовано два интерфейса пользователя: веб-ориентированный (на базе разработанной структуры сайта), с использованием технологий веб-разработки, и в виде приложения для мобильных устройств, работающих на базе операционной системы Android (на основе разработанной диаграммы активностей и классов, с использованием языка программирования Java). Проведено тестирование и приведены примеры использования данных интерфейсов в реальных условиях. Разработанное аппаратно-программное решение позволяет эффективно решать задачу мониторинга показателей

качества воздуха в помещениях, а стоимость компонентной базы и затрат на разработку ниже стоимости готовых коммерческих решений с аналогичными характеристиками.

**Ключевые слова:** метеостанция, мониторинг качества воздуха, микропроцессорная система, цифровые датчики, интернет вещей.

*The work is devoted to the development of hardware and software for indoor air quality monitoring system. The analysis of existing solutions in the field of home air quality monitoring systems was carried out, their main advantages and disadvantages were highlighted, as a result of which the requirements to the developed system were presented. Based on the requirements, the general structure of the system was developed, and the means for the implementation of its hardware and software were selected. In particular, it was decided to develop a system based on the concept of "Internet of Things", and the following components: data collection node, data processing and storage server, client applications (web interface and mobile application for Android operating system. Node for data collection from sensors and sending requests for the server were designed on the basis of the microprocessor board ESP8266, the interaction between the nodes of the system was implemented using HTTP-requests, as a result, designed and implemented hardware and software for indoor air quality monitoring system based on the concept of "Internet of Things" and allows to monitor the current air quality, as well as view the data of previous records using user interfaces. Two user interfaces have been implemented: web-based (based on the developed site structure), using web development technologies, and as an application for mobile devices, running on the operating system Android (based on the developed activity and class diagram, using the Java programming language. Testing and examples of using these user interfaces in real conditions. The developed hardware and software solution allows to effectively solve the problem of monitoring indoor air quality indicators, and the cost of the component base and development costs is lower than the cost of ready-made commercial solutions with similar characteristics.*

**Keywords:** meteorological station, air quality monitoring, microprocessor system, digital sensors, Internet of Things.

На даний момент, проблема моніторингу якості повітря є надзвичайно актуальною в світі. Попри відносно непогану екологічну обстановку в Україні, станом на 29 жовтня 2020 року, столиця України перебувала в трійці мегаполісів з найгіршою якістю повітря [1]. Крім того, як показали події 2020 року, лісові пожежі та пожежі на сміттєзвалищах можуть дуже швидко змінювати екологічну обстановку в гіршу сторону. Тому, оперативний моніторинг якості повітря в домашніх умовах є доволі актуальною технічною задачею.

На даний момент, існує велика кількість рішень в галузі так званих "домашніх метеостанцій". При цьому, у більшості з них є ряд недоліків, зокрема:

- частина таких пристроїв не має давачів, що дають змогу оцінити зади́мленість або якість повітря, і фокусується тільки на температурі та вологості повітря;

- більшість недорогих пристроїв мають вивід тільки на рідкокристалічний дисплей і не фіксують значення, а просто виводять їх, не маючи можливості зберігати дані і передавати їх назовні;

- значна частка вартості пристроїв припадає на їх ергономіку корпусу та дисплей, тоді як виготовлення корпусу у вигляді звичайної коробки та використання передачі даних в інтернет та відображення з допомогою веб-інтерфейсу замість дисплею значно спростить дизайн та знизить ціну таких пристроїв.

Виходячи з вищезазначених недоліків було прийнято рішення спроектувати апаратне та програмне забезпечення моніторингу якості повітря в домашніх умовах, що базується на концепції "Інтернет речей" [2-5] та наступних принципах:

- максимальна стандартизація компонент з метою можливості виготовлення такої системи в домашніх умовах за специфікацією;

- низька вартість компонентної бази;

- підключення пристрою до мережі інтернет для запису показників в базу даних

- створення веб-інтерфейсу для відображення даних з бази;

- створення мобільного додатку для перегляду даних з бази на пристроях, що

працюють під операційною системою Android.

Загальний принцип роботи системи зображений на рис. 1.

Дані, отримані з датчиків метеорологічних параметрів з допомогою мікроконтролера збираються та передаються через мережевий протокол безпроводного зв'язку Wi-Fi на сервер з мережевим скриптом, що опрацьовує дані та базу, в яку вони будуть розміщені. З бази з допомогою мережевого скрипта дані можуть передаватися в веб-інтерфейс на будь-якому обчислювальному пристрої, що має інтернет-браузер.

Як контролер вузла збору інформації була вибрана мікропроцесорна плата ESP8266. До цієї мікропроцесорної плати було підключено наступні датчики:

- DHT11 — для вимірювання температури та вологості повітря;
- BMP180 — для вимірювання атмосферного тиску;
- MQ-2 — датчик на основі газочутливого матеріалу SnO<sub>2</sub>, який здатний вимірювати показник загазованості повітря.

Загальна вартість компонентної бази системи (включаючи акумулятор, металевий корпус, провідники, модуль живлення HW-131) складає 635 грн, що є доволі низькою вартістю для системи з такими характеристиками та вимірювальними параметрами.

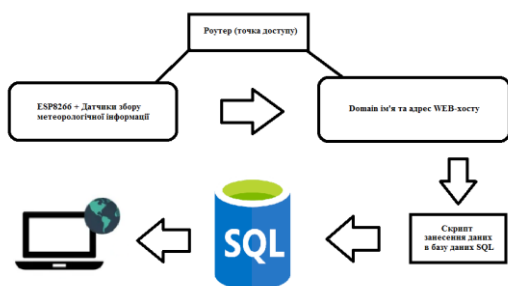


Рисунок 1 — Загальний принцип роботи системи моніторингу якості повітря.

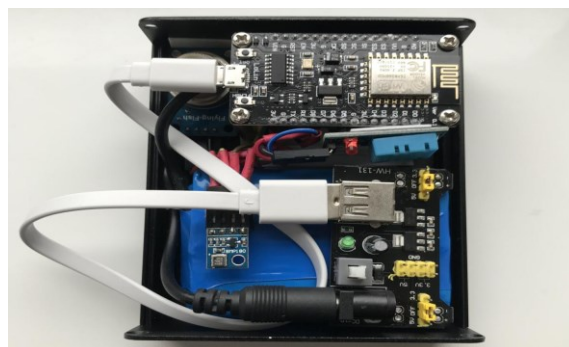
Програмне забезпечення компонента збору даних з датчиків та відправки їх через мережу інтернет розроблялося з

використанням середовища Arduino IDE та включало використання наступних бібліотек:

- бібліотека роботи з датчиком DHT-11;
- бібліотека роботи з датчиком BMP-180;
- бібліотека Wire для роботи з датчиками сімейства MQ;
- бібліотека ESP8266WiFi для підключення до мережі WiFi;
- бібліотека ESP8266HTTPClient для відправки запитів до сервера з використанням мережевого протоколу HTTP.

Загальний вигляд вузла збору даних та відправки їх на сервер подано на рис. 2.

Для розробки серверного програмного забезпечення було використано мову програмування PHP та сервер баз даних MySQL. Для обміну повідомленнями між пристроями було використано формат JSON.



Структура бази даних (БД) подана на рис. 3.

Рисунок 2 — Апаратне забезпечення вузла збору показників якості повітря в приміщенні у зборі

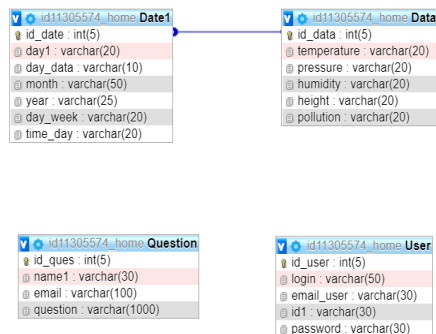


Рисунок 3 — Структура бази даних



User\_login – клас, до якого користувач переходить після екрану запуску додатку, в ньому описується авторизація в систему. CheckEditTextIsEmptyOrNot() – метод, який перевіряє чи заповнив користувач всі необхідні поля. Після перевірки, метод UserLoginFunction() звіряє з даними, що знаходяться в БД, інформацію, введену користувачем. Та функція GoClick забезпечує перехід до форми реєстрації користувача.

User\_registration – клас, в якому здійснюється реєстрація нового користувача. Реєстрація здійснюється в методі InsertData(), шляхом внесення даних до БД. Далі метод «звертається» до PHP – скрипта, та вносить інформацію, яку отримує з функції GetUserData(), що зчитує введені користувачем дані. Інформація записується до БД після того як користувач заповнює всі необхідні поля, коректність внесених даних перевіряється методом CheckEditTextIsEmptyOrNot().

HttpParse – клас, в якому здійснюється підключення до Інтернету.

Menu – забезпечення меню додатку. Даний клас має чотири простих методи. onCreate() – стандартний метод який забезпечує зв'язок класу з відповідними графічними елементами. HistoryClick(), NowClick(), WeekClick() – функції які «викликають» Intent. Intent є об'єктом обміну повідомленнями, за допомогою якого можна запросити виконання дії у компонента іншого вікна. Тобто дані методи відкривають забезпечують перехід користувача до необхідних йому даних.

MainActivity – даний клас відображає інформацію для користувача, а саме стан показників повітря на даний момент, за допомогою методу onCreate(), який задає початкову установку параметрів при ініціалізації активності. BackClick() – метод який запезпечує перехід до попередньої активності. Функції даного класу створені для отримання даних з серверу та виведення їх на екран. Головні можливості класу реалізовані за допомогою HttpClient - базового класу для відправки HTTP - запитів і отримання HTTP-відповідей від ресурсу із заданим URI.

ForWeek – підклас TabActivity, який представляє розділ з даними за тиждень. В

даному класі, за допомогою TabHost, який є контейнером, що дозволяє групувати пов'язані елементи управління в серію вкладок, створені вкладки, з інформацією за понеділок, вівторок і т.д.

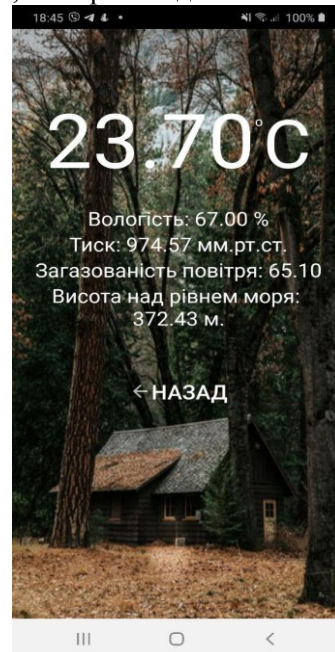


Рисунок 7 — Приклад інтерфейсу мобільного додатку

History – підклас AppCompatActivity який представляє «Історію погоди» та реалізує вивід даних про погоду в певний день. Для отримання даних з БД в методі JSON\_WEB\_CALL() здійснюється запит на отримання відповідей JSONArray на задану URL-адресу. Якщо записи існують, список даних виводить методом JSON\_PARSE\_DATA\_AFTER\_WEBCALL().

Приклад функціонування даного мобільного додатку подано на рис. 7.

Таким чином, було спроектовано та реалізовано апаратне та програмне забезпечення для системи моніторингу якості повітря в приміщеннях, що базується на концепції «Інтернет речей» та дозволяє здійснювати поточний моніторинг якості повітря, а також переглядати дані попередніх записів з допомогою мобільних пристроїв, що працюють на базі операційної системи Android (через мобільний додаток), а також пристроїв, на яких встановлений інтернет-браузер (через веб-інтерфейс). Вартість компонентної бази та затрати на розробку системи є значно меншими, порівняно з

комерційними рішеннями, що володіють подібними характеристиками.

### Література

1. Air quality in Kyiv [Електронний ресурс]    Режим    доступу: <https://www.iqair.com/ukraine/kyiv>
2. Tromp, Jolanda & Le, Dac-Nhuong & Le, Chung. (2020). INTERNET OF THINGS. 10.1002/9781119654674.part2.
3. Jianyun, Chen & Yunfan, Sun & Chunyan, Lin. (2017). Research on Application of Automatic Weather Station Based on Internet of Things. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 104. 012015. 10.1088/1755-1315/104/1/012015.
4. Djordjevic, Milos & Dankovic, Danijel. (2019). A smart weather station based on sensor technology. Facta universitatis - series: Electronics and Energetics. 32. 195-210. 10.2298/FUEE1902195D.
5. Ossont, Steven & Apetroaie-Cristea, Mihaela & Scott, M. & Cox, S.J.. (2016). Applied Internet of Things. 10.1016/B978-0-12-805395-9.00015-0.

### References

1. Air quality in Kyiv [Електронний ресурс]    Режим    доступу: <https://www.iqair.com/ukraine/kyiv>
2. Tromp, Jolanda & Le, Dac-Nhuong & Le, Chung. (2020). INTERNET OF THINGS. 10.1002/9781119654674.part2.
3. Jianyun, Chen & Yunfan, Sun & Chunyan, Lin. (2017). Research on Application of Automatic Weather Station Based on Internet of Things. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 104. 012015. 10.1088/1755-1315/104/1/012015.
4. Djordjevic, Milos & Dankovic, Danijel. (2019). A smart weather station based on sensor technology. Facta universitatis - series: Electronics and Energetics. 32. 195-210. 10.2298/FUEE1902195D.
5. Ossont, Steven & Apetroaie-Cristea, Mihaela & Scott, M. & Cox, S.J.. (2016). Applied Internet of Things. 10.1016/B978-0-12-805395-9.00015-0.