



УДК 004

**AUTOMATION OF TEMPERATURE AND HUMIDITY RECORDS FOR  
MEDICAL SUPPLIES STORAGE****АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ ПОКАЗНИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ ПРИ  
ЗБЕРІГАННІ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ****Babak I.M. / Бабак І.М.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.**Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Nauky Ave., 14, 61166**Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, пр.Науки, 14, 61166***Poliezhaiiev H.O. / Полежаєв Г.О.**

**Анотація.** В роботі розглянуто вимоги щодо необхідності ведення обліку показників температури та вологості при зберіганні лікарських засобів. На основі аналізу систем аналогів було обрано бездротову структуру для розроблення автоматизованої системи обліку показників. Розроблено структуру системи для автоматизації обліку показників температури та вологості, яка складається з апаратного забезпечення (розумних датчиків) та програмного забезпечення для операційної системи Windows. Надано опис функцій програмного забезпечення розробленої системи. Наведено інтерфейс системи з демонстрацією функцій підключення датчиків, перегляду показників вологості та температури, формування графіків показників, сповіщення про перевищення встановлених допустимих діапазонів значень показників.

**Ключові слова:** автоматизована система, програмне забезпечення, датчик, температура, вологість, облік, показник.

**Вступ.** Зберігання лікарських засобів вимагає суворого дотримання мікрокліматичних показників на медичних складах та виробництвах. Чинне законодавство України вимагає наявності різних засобів корегування мікрокліматичних показників у приміщеннях: систем кондиціонування, систем опалення, приладів для вимірювання та корегування проценту вологості повітря та температури [1].

Ведення обліку показників температури та вологості повітря повинно здійснюватися обов'язково за наказом Міністерства охорони здоров'я України. Багато підприємств ведуть облік в ручному режимі, коли працівник в приміщенні збирає показники з встановленого термометру та гігрометра, після чого заносить їх до журналу. Через встановлений час заповнений журнал відправляється до архіву, в якому він продовжує зберігатися протягом визначеного часу.

Ведення журналу у ручному режимі не виключає наявності людського фактору та вимагає часових витрат на збір та запис інформації. Отже актуальною задачею є розроблення апаратного та програмного забезпечення для створення автоматизованої системи обліку показників температури та вологості, яка дозволить вести облік без участі людини, а уся інформація буде збиратися в цифровому вигляді, що спростить збір, обробку, зберігання та взаємодію з даними. Окрім цього, актуальною є додавання до системи функції автоматичного виявлення відхилення температури та вологості від допустимих значень та сповіщення працівників про виявлені порушення, завдяки чому вони зможуть своєчасно виправляти їх, використовуючи засоби корегування



мікрокліматичних показників [2].

### Структура системи для автоматизації обліку температури та вологості.

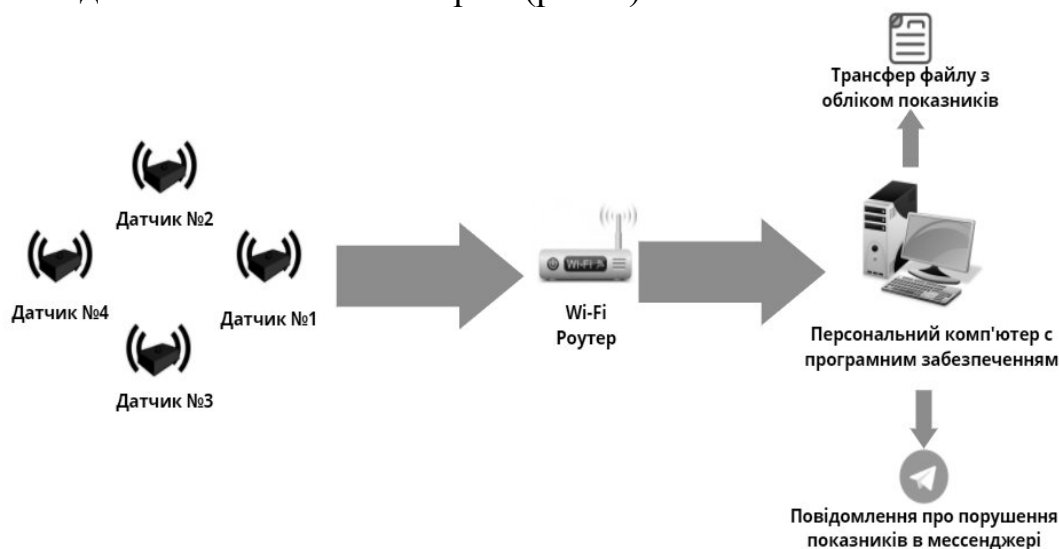
Огляд існуючих систем автоматизованого моніторингу для складів лікарських засобів показав, що їх можна класифікувати на дротові та бездротові.

Прикладом бездротової системи реєстраторів даних є система testo Saveris 2, яка створена компанією Testo (Testoterm Fritzchung) [3], являє собою набір різних датчиків, які передають дані на хмарний сервіс, до якого можна під'єднатися за допомогою будь-якого приладу з можливістю виходу в інтернет – смартфона, планшета, персонального комп'ютера

Прикладом дротової системи моніторингу є система, що створена Чернігівською компанією ТЕРА, яка з 2009 року займається розробкою та вдосконаленням власних дротових систем моніторингу [4]. Якщо порівнювати з системою testo Saveris 2, то розробка компанії ТЕРА має набагато більше компонентів, але принцип роботи майже однаковий: датчики передають інформацію до хмарного сервісу, але перед цим вони проходять ланку з більшою кількістю приладів.

До недоліків дротових систем можна віднести те, що для монтажу системи потрібна велика кількість часу та коштів, а також висококваліфіковані спеціалісти, також необхідне обов'язкове використання блоків живлення, реєстраторів-вебсерверів та великої кількості іншого додаткового обладнання, стаціонарність датчиків не дозволяє швидко переставити систему в інше приміщення або використовувати її при транспортуванні ліків.

Отже, було прийнято рішення щодо розробки бездротової системи обліку показників температури та вологості, яка складається з апаратного забезпечення (розумних датчиків) та програмного забезпечення для операційної системи Windows, що буде встановлюватися на комп'ютер та Wi-Fi-роутеру для забезпечення підключення системи до інтернету та підтримання зв'язку між розумними датчиками та комп'ютером (рис. 1).



**Рисунок 1 – Структура системи для автоматизації обліку температури та вологості**



Апаратне забезпечення складається з керуючого мікроконтролера, датчика температури та вологості повітря, акумулятора, що забезпечує автономну роботу, та додаткового обладнання для забезпечення живлення пристрою. Датчики передають сигнал до програмного забезпечення на комп'ютері за допомогою сигналу Wi-Fi. Використовується мікроконтролер з фізичним рівнем Wi-Fi, а саме ESP8266-PRO. Використовується цифровий датчик температури та вологості Si7021-MODUL.

Мікросхема HTU21, що використовується в Si7021-MODUL, виконує функції датчика вологості і температури, аналого-цифрового перетворювача, обробника сигналів, калібрувальника даних, а також обробника інтерфейсу Inter Integrated Circuits.

До плати під'єднаний Li-Ion акумулятор, який дозволить:

- продовжити робити виміри навіть при аварійних відключеннях електроенергії та інших перебоях;
- забезпечити автономне живлення для використання датчиків в мобільних лабораторіях, при транспортуванні ліків та у інших умовах, в яких немає доступу до централізованих джерел живлення;
- дозволить легко та швидко змінювати місце розташування датчика не зупиняючи вимірювання температури та вологості.

Використання стандартного акумулятора на 3000 міліампер-годин забезпечує від 2 днів до 3 днів автономної роботи пристрою (в залежності від температури та частоти виміру температури).

Для роботи пристрою від мережі та заряду акумулятору також використовуються наступні компоненти системи живлення:

- дріт із вилкою для підключення апаратного забезпечення до електромережі;
- перетворювач РК03А-05 для перетворення змінної напруги мережі живлення в постійну напругу;
- модуль TP4056-MicroUSB для заряду Li-Ion акумуляторів за допомогою USB або звичайного дроту з вилкою.

Інтерфейс програмного забезпечення дозволяє:

- ✓ наочно ознайомлюватись з показниками за різні проміжки часу;
- ✓ проводити імпорт та експорт файлів з показниками;
- ✓ встановлювати значення, при яких буде спрацьовувати сигналізація та відправлятися повідомлення у месенджері;
- ✓ налаштовувати формат відображення підключених мікроконтролерів з датчиками.

### **Розроблення програмного забезпечення для автоматизованої системи обліку показників**

Головними розробленими функціями програмного забезпечення системи є функція OnconnectDevice та OnInfoFromDeviceResiv [5].

Функція OnconnectDevice використовується для ідентифікації підключення пристрою. Спочатку вона перевіряє новий підключений пристрій – зареєстровано його чи ні. Перевірка відбувається за допомогою запиту до бази даних. Якщо інформація про пристрій є таким ID існує, то пристрій вже



використовувався, якщо ні – то не використовувався та не підключався до даного програмного забезпечення.

Кожен мікроконтролер ESP має заводський унікальний ID, який використовується для ідентифікації. Посилаючи запит до бази даних програмне забезпечення визначає, чи існує інформація про пристрій з таким ID. Якщо існує – то інформація про нього додається в об'єкт Device, який працює з пристроями, якщо ні – встановлюється стандартне ім'я та колір та додається в базу даних. Після завершення виконання функції OnconnectDevice викликається Event DeviceRegisteredClbk, таким чином усі підписники Event дізнаються про нові підключення.

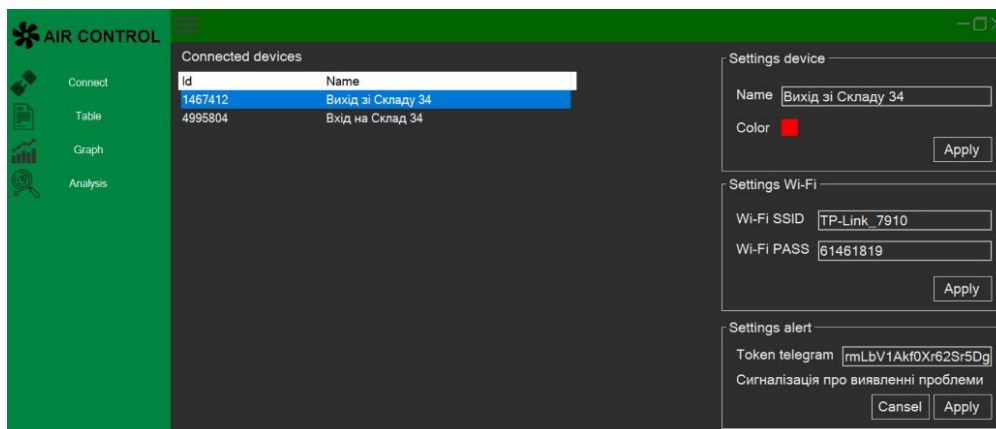
Функція OnInfoFromDeviceResiv використовується для роботи з інформацією, що отримана з підключених мікроконтролерів. По перше, перевіряється стан підключення до бази даних. Якщо підключення було вдалим, то посилається запит на додавання даних до бази даних проєкту, після цього база даних закривається.

Потім отриманні з мікроконтролера показники температури та вологості повітря перевіряються на відповідність заданим порогам. Спочатку перевіряється вологість повітря. Якщо значення вологості перевищує критично високі або низькі показники то формується повідомлення в форматі «Danger critical value of humidity. Humidity is (показник вологості повітря)».

Після перевірки показнику вологості дані проходять перевірку температури повітря. Якщо значення температури перевищує критично високі або низькі показники, то в телеграм канал формується повідомлення в форматі «Danger critical value of Temperature. Temperature is (показник температури повітря)».

По завершенню функції OnInfoFromDeviceResiv спрацьовує Event InfoFromDeviceClbk, таким чином усі підписники EVENT дізнаються про додавання інформації до бази даних.

Інтерфейс програмного забезпечення має вкладку підключення (рис. 2), де відображаються підключені датчики, користувач може задати їм відповідні ім'я та колір, який буде відображатися на графіку.



**Рисунок 2 – Вкладка «Connect» для налаштування датчиків та зміни їх відображення**



Для отримання повідомлень від системи через Телеграм, потрібно ввести Telegram Token, необхідний для підключення до телеграм боту для відправки повідомлення про критичні показники. Вводиться пароль та SSID у відповідні поля, щоб датчики автоматично під'єднувалися до цієї мережі наступного разу. За бажанням пароль та SSID можна змінити, якщо в майбутньому планується використання іншої точки доступу Wi-Fi.

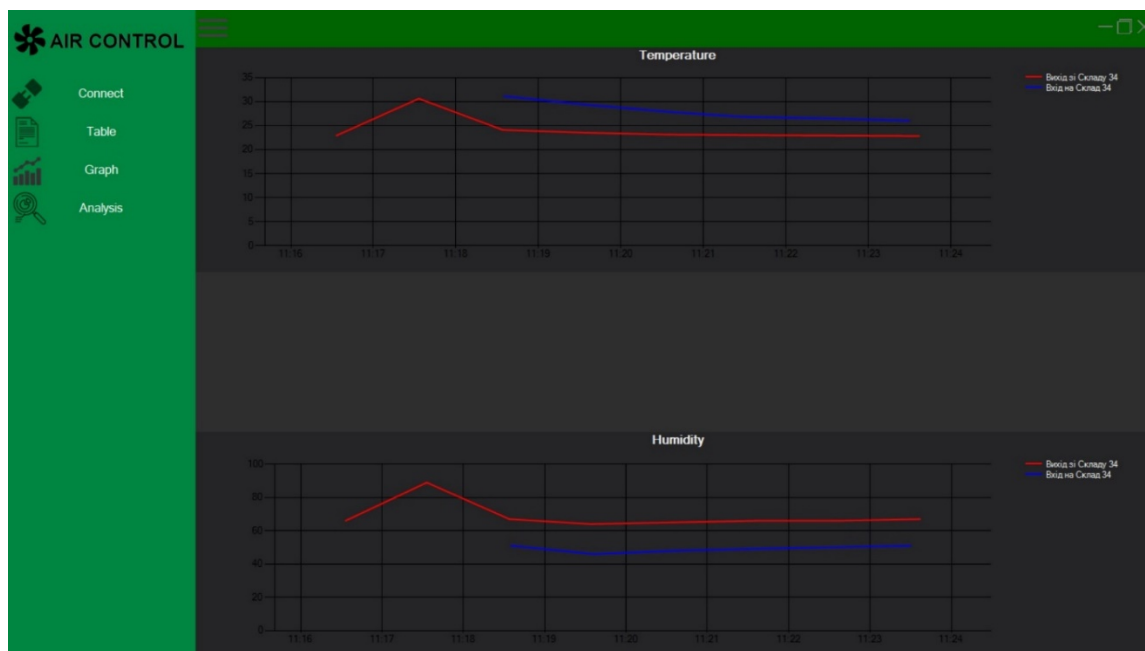
Вкладка «Table» (рис. 3) використовується для перегляду показників в режимі реального часу.

Sensor name	Temperature	Humidity	Time
Вихід зі Складу 34	22.90	66.00	11:16:33
Вихід зі Складу 34	30.60	89.00	11:17:33
Вихід зі Складу 34	24.10	67.00	11:18:34
Вихід зі Складу 34	23.50	64.00	11:19:34
Вихід зі Складу 34	23.10	65.00	11:20:35
Вихід зі Складу 34	23.00	66.00	11:21:36
Вихід зі Складу 34	22.90	66.00	11:22:36
Вихід зі Складу 34	22.80	67.00	11:23:37
Вхід на Склад 34	31.10	51.00	11:18:35
Вхід на Склад 34	29.30	46.00	11:19:36
Вхід на Склад 34	27.80	48.00	11:20:37
Вхід на Склад 34	26.80	49.00	11:21:29
Вхід на Склад 34	26.50	50.00	11:22:29
Вхід на Склад 34	26.00	51.00	11:23:30

**Рисунок 3 – Вкладка «Table» для перегляду значень показників**

Дані посилаються мікроконтролером з періодичністю, встановленою в файлі прошивки, для наочності в рамках експерименту використовується періодичність 1 хв.

На основі даних що зберігаються у базі даних, будуються графіки у сторінці «Graph» (рис. 4).



**Рисунок 4 – Вкладка будування графіків в режимі реального часу**

Графіки будуються на основі значень температури та вологості у різні проміжки часу, для зручності кожен датчик має свій колір. Візуальне



представлення даних дозволяє робити швидкий аналіз актуальних показників та ідентифікувати час, коли була мінімальна та максимальна температура.

В програмному забезпеченні передбачено можливість для імпорту та експорту баз даних. Ці функції дозволять виконувати зручний обмін базами між працівниками різних підприємств, або корпусів одного й того ж підприємства. Працівники, в посадові обов'язки яких входить тільки перегляд необхідної інформації про заміри, можуть використовувати програмне забезпечення лише для перегляду, не підключаючи до нього датчики-мікроконтролери.

В разі виявлення системою критичних значень показників система відправляє в телеграм відповідне повідомлення, в якому сказано, що показники температури та вологості повітря є критичними (рис. 5).

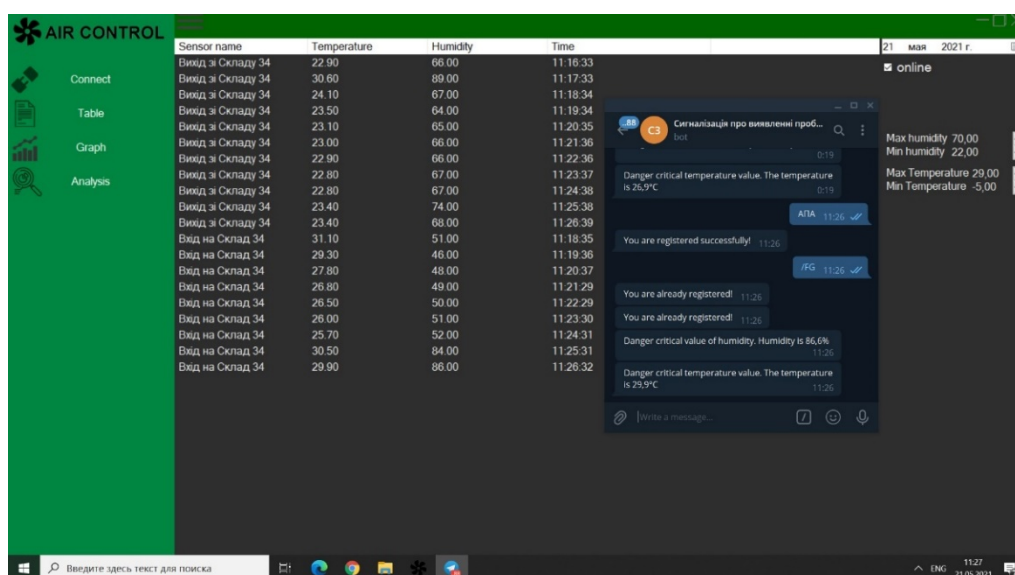


Рисунок 5 – Сигналізування через Телеграм бота

Таким чином, працівникам прийде сповіщення автоматично в момент виявлення виходу значень показника із допустимого діапазону значень.

### Висновки.

Для створення системи було розроблено її структуру, обрано апаратне забезпечення та розроблена схема його підключення, розроблено програмне забезпечення та інтерфейс системи. Запропонована автоматизована система призначена для використання на складах лікарських засобів для скорочення часу на ведення обліку показників температури та вологості, а також дозволяє проводити сповіщення про виявлення порушення норм температури та вологості повітря в реальному режимі часу, що дозволить вчасно виправляти їх, використовуючи відповідні засоби, що встановлені на складі.

### Література:

1. Про затвердження Правил зберігання та проведення контролю якості лікарських засобів у лікувально-профілактичних закладах: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 16.12.2003 № 584 – [Електронний ресурс] / Державні сайти України. – Режим доступу: [www/ URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0275-04#Text](http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0275-04#Text). – 03.02.21 р. – Загол. з екрана.



2. Бабак І.М., Полежаєв Г.О Автоматизація контролю параметрів вологості та температури при зберіганні лікарських засобів: Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference (Budapest, February 9 – 12, 2021). Hungary 2021. 706 с. С. 645–647.

3. Система реєстраторів даних testo Saveris 2 [Електронний ресурс] / testo. – Режим доступу: [www/ URL: testo.kiev.ua/docs/TestoSolution\\_Saveris\\_2\\_Pharma\\_Lifot.pdf](http://www.testo.kiev.ua/docs/TestoSolution_Saveris_2_Pharma_Lifot.pdf) – 14.03.2021 р. – Загол. з екрана.

4. Дротова система моніторингу [Електронний ресурс] / ПрАТ «ТЕРА». – Режим доступу: [www/ URL: tera-coldchain.com/ua/monitoring-systems/wired-system](http://www.tera-coldchain.com/ua/monitoring-systems/wired-system) – 14.03.2021 р. – Загол. з екрана.

5. А.с. № 106482 Україна. Комп'ютерна програма «Автоматизована система моніторингу температури та вологості при зберіганні лікарських засобів» [Текст] / І.М. Бабак, Г.О. Полежаєв. – № с202104836; заявл. 12.07.21; опубл. 20.07.21.

***Abstract.** The requirements for keeping records of temperature and humidity during storage of medical supplies are considered. Analysis of existing wired and wireless monitoring systems for indoor micro-climate indicators was carried out. A wireless structure has been selected for the development of an automated system for monitoring temperature and humidity indicators. The structure of the monitoring system is developed, which includes hardware (control microcontroller, temperature and humidity sensors, battery and additional equipment for supplying the device) and software. The main functions of the developed software are described - the function of connection of sensors and function of data recording into the database. The system interface has been developed and the main functions are shown: connection of sensors, display of humidity and temperature indices, formation of graphs, warning of employees about exceedance of permissible values.*

***Key words:** automated system, software, sensor, temperature, humidity, monitoring, indicator.*

Стаття відправлена: 24.09.2021 г.

© Бабак І.М., Полежаєв Г.О.