

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система
визначення кліматичних параметрів**

Виконав: студент 2 курсу, групи ІВТ-3м
Спеціальності: 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології»
Тарчинець Гліб Олегович
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор
Подчашинський Юрій Олександрович
(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент:

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інформаційно-
вимірювальних технологій

д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« 4 » листопада 2025р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Тарчинець Гліб Олегович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система
визначення кліматичних параметрів

Керівник роботи: д.т.н., професор Подчашинський Юрій Олександрович

затверджена наказом по університету від « 4 » листопада 2025 р. № 622/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 20 » грудня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Вимірянні значення атмосферного тиску та
температури, включення/виключення системи,
функції комп'ютеризованої системи
вивід виміряних значень кліматичних параметрів
на дисплей; передача виміряних показників на веб-
сторінку через wi-fi; галузь застосування
електротехніка та електроніка, комп'ютеризовані
інформаційно-вимірювальні технології

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
огляд існуючих методів вимірювання кліматичних параметрів: атмосферного
тиску та температури, розробка структурної та принципової схеми системи,
вибір складових елементів системи, розробка блок-схеми алгоритму та
програми для вимірювання кліматичних параметрів, оцінка виміряних значень
атмосферного тиску та температури, програма для розрахунку метрологічних
характеристик системи

5. Перелік графічного матеріалу

структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму роботи системи для
визначення кліматичних параметрів

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів

роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-2	Подчашинський Ю.О.		
3-4	Подчашинський Ю.О.		

7. Дата видачі завдання 4 листопада 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формулювання вступу	4.11.25 – 6.11.25	Виконано
2	Огляд та аналіз існуючих пристроїв вимірювання кліматичних параметрів	7.11.25 – 9.11.25	Виконано
3	Розробка структурної та принципової схеми	10.11.25 – 15.11.25	Виконано
4	Вибір складових елементів вимірювальної системи	16.11.24 – 18.11.25	Виконано
5	Розробка блок-схеми алгоритму та програми для вимірювання кліматичних параметрів	19.11.25 – 23.11.25	Виконано
6	Розробка програми для розрахунку метрологічних характеристик для вимірювання кліматичних параметрів	24.11.24 – 25.11.25	Виконано
7	Тестування системи для вимірювання кліматичних параметрів	26.11.25 – 28.11.25	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки та презентації	1.12.25 – 5.12.25	Виконано

Студент

(підпис)

Тарчинець Г.О.

Керівник роботи

(підпис)

Подчашинський Ю.О.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена розробці комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів з можливістю дистанційного моніторингу вимірювальних даних.

Актуальність теми зумовлена зростаючими вимогами до точності, надійності та оперативності контролю кліматичних параметрів навколишнього середовища, а також необхідністю автоматизації процесів збору, обробки та передавання вимірювальної інформації. Кліматичні параметри, зокрема атмосферний тиск, температура та вологість повітря, є базовими показниками для метеорологічного аналізу, прогнозування погодних умов, забезпечення безпеки авіації, оптимізації промислових і агротехнологічних процесів та оцінювання впливу кліматичних чинників на стан здоров'я людини. Існуючі засоби вимірювання кліматичних параметрів не завжди забезпечують необхідний рівень точності, автоматизації та можливості дистанційного доступу до результатів вимірювань.

Метою магістерської роботи є розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів з можливістю відображення результатів вимірювань на локальному дисплеї та передачі даних на веб-сторінку для дистанційного моніторингу.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі основні *задачі*: проведено аналіз існуючих систем вимірювання кліматичних параметрів; обрано контрольовані кліматичні параметри; розроблено структурну та принципову схеми інформаційно-вимірювальної системи; виконано вибір та обґрунтування елементної бази; розроблено програмно-алгоритмічне забезпечення для збору, обробки та передачі вимірювальних даних; здійснено розрахунок і експериментальне підтвердження метрологічних характеристик системи.

Об'єктом дослідження є процеси вимірювання кліматичних параметрів.

Предметом дослідження є комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система визначення кліматичних параметрів.

Методи дослідження базуються на використанні методів вимірювання кліматичних параметрів, аналітичному моделюванні вимірювального каналу, методах комп'ютерного моделювання, а також статистичній обробці результатів експериментальних вимірювань для оцінювання похибок і достовірності отриманих даних.

У *першому розділі* роботи виконано аналіз сучасних методів і засобів вимірювання кліматичних параметрів. Розглянуто особливості вимірювання атмосферного тиску, температури та вологості повітря, проаналізовано існуючі механічні та електронні вимірювальні прилади, сенсорні перетворювачі та комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи. На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність розроблення комп'ютеризованої системи визначення кліматичних параметрів з можливістю дистанційного моніторингу.

У *другому розділі* розроблено структурну схему комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів. Визначено склад і функціональне призначення основних елементів системи, зокрема сенсорних перетворювачів, мікроконтролерного блока, пристроїв індикації та бездротового модуля передавання даних, а також описано принцип їх взаємодії.

Третій розділ присвячено вибору та обґрунтуванню елементної бази і розробці принципової електричної схеми комп'ютеризованої системи. У якості основних компонентів використано мікроконтролер ATmega328P, барометричний датчик BMP180, Wi-Fi модуль ESP-01, рідкокристалічний дисплей LCD 1602 з інтерфейсом I2C, сигнальні та керуючі елементи. Запропоновано схему живлення системи, що забезпечує її стабільну та надійну роботу.

У *четвертому розділі* розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера та реалізовано алгоритми збору, обробки, відображення й дистанційної передачі вимірювальних даних кліматичних параметрів. Створено веб-сторінку для візуалізації результатів вимірювань у режимі реального часу. Також виконано розрахунок метрологічних характеристик системи та експериментальну оцінку похибок вимірювання.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні структурної організації комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів шляхом інтеграції бездротового каналу передавання даних та розвитку програмно-алгоритмічних методів дистанційної візуалізації результатів вимірювань.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання розробленої системи для автоматизованого та дистанційного моніторингу кліматичних параметрів, підвищення точності та надійності вимірювань, а також розширення функціональних можливостей інформаційно-вимірювальних систем екологічного та технічного призначення.

Робота складається з реферату, вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків, містить 76 сторінок основного тексту, 33 рисунки, 5 таблиць та 22 літературних джерела.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальні системи, кліматичні параметри, атмосферний тиск, барометричний датчик, мікроконтролер, метрологічні характеристики, похибки вимірювань, Wi-Fi модуль, дистанційний моніторинг, веб-інтерфейс.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	13
1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання кліматичних параметрів	13
1.2. Опис існуючих методів вимірювання атмосферного тиску	20
1.3. Опис існуючих методів вимірювання температури.....	22
Висновки до 1 розділу.....	25
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	27
2.1.Обґрунтування побудови структурної схеми.....	27
2.2.Обґрунтування мікроконтролера.....	28
2.3.Обґрунтування вибору wi-fi модуля.....	29
2.4.Обґрунтування вибору барометричного датчика	30
2.5.Обґрунтування вибору дисплея.....	32
2.6.Обґрунтування вибору кнопки.....	33
2.7.Обґрунтування вибору світлової сигналізації.....	34
2.8.Обґрунтування вибору живлення.....	35
2.9.Структурна схема.....	37
Висновки до 2 розділу.....	38
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	39
3.1. Вибір мікроконтролера.....	39
3.2. Вибір wi-fi модуля.....	43
3.3. Вибір барометричного датчика	46
3.4. Вибір дисплею.....	48
3.5. Вибір тактової кнопки.....	49
3.6. Вибір світлової сигналізації	50
3.7. Вибір блока живлення.....	51
3.8. Побудова електрично-принципової схеми.....	52
Висновок до 3 розділу.....	53
4.РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	54
4.1.Розробка алгоритму.....	54
4.2.Розробка програми для мікропроцесору.....	56
4.3. Розробка програми для веб-сторінки.....	59
4.4.Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації.....	63
Висновок до 4 розділу.....	70
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75
ДОДАТКИ.....	77
Додаток А.....	78
Додаток Б.....	80
Додаток В.....	82
Додаток Г.....	90
Додаток Д.....	92

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АКБ – акумуляторні батареї

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДП – друкована плата

ДТТ – датчик температури та тиску

КІВС – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система

МК – мікроконтролер

ОЗП – оперативно-запам'ятовуюча пам'ять

ПВ – перетворювач вторинний

ПЗП – постійно запам'ятовуюча пам'ять

СКВ – середнє квадратичне відхилення

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку науки й техніки характеризується широким упровадженням комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем у процеси моніторингу, аналізу та прогнозування стану навколишнього середовища. Особливої актуальності набуває задача точного та безперервного визначення кліматичних параметрів, зокрема атмосферного тиску, температури та вологості повітря, які є базовими показниками для оцінювання метеорологічних і кліматичних процесів.

Атмосферний тиск є одним із ключових кліматичних параметрів, що визначає характер атмосферних процесів і використовується для прогнозування погодних умов та небезпечних метеорологічних явищ. Точні дані про його зміни мають важливе значення для забезпечення безпеки польотів, стабільності промислових і агротехнологічних процесів, а також для оцінювання впливу кліматичних чинників на стан здоров'я людини. Водночас наявні засоби вимірювання атмосферного тиску та інших кліматичних параметрів: механічні й електронні прилади, сенсорні перетворювачі. Наявні засоби не завжди забезпечують необхідну точність, стабільність і рівень автоматизації, потребують періодичної калібровки та мають обмежені можливості інтеграції з сучасними комп'ютеризованими інформаційними системами.

У зв'язку з цим актуальним є розроблення та дослідження комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів, яка поєднує сучасні первинні перетворювачі, мікропроцесорні засоби збору даних та програмні методи обробки, зберігання і аналізу інформації. Реалізація такої системи дозволить підвищити точність і надійність вимірювань, забезпечити їхню адаптивність та розширити функціональні можливості моніторингу кліматичних умов.

Таким чином, обрана тема магістерської роботи є актуальною з наукової та практичної точок зору й спрямована на розв'язання важливого завдання у галузі комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем.

Метою даної роботи є розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- аналіз існуючих систем вимірювання кліматичних параметрів;
- вибір контрольованих кліматичних параметрів;
- розробка структурної та принципової схеми інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів;
- розробка блок-схеми алгоритму та програми інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів;
- розробка метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів шляхом експериментального підтвердження метрологічних похибок.

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання кліматичних параметрів.

Предмет дослідження – комп'ютеризована система для вимірювання кліматичних параметрів.

Методи дослідження базуються на аналітичному виведенні рівнянь математичної моделі вимірювального каналу, використанні методів визначення кліматичних параметрів, використанні обчислювальних блоків у вимірювальному каналі, застосуванні методів комп'ютерного моделювання з наступною статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

1) Удосконалено структурну організацію комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів шляхом інтеграції сучасних сенсорних засобів і мікроконтролерної платформи, що забезпечує підвищення функціональності та розширення можливостей системи.

2) Удосконалено програмно-алгоритмічний метод визначення кліматичних параметрів, який передбачає дистанційну передачу та візуалізацію виміряних даних на веб-сторінці в режимі реального часу, що підвищує оперативність доступу до інформації та зручність її аналізу.

Практична цінність даної роботи полягає в:

1) Обґрунтовано та вибрано сучасну елементну базу для побудови комп'ютеризованої системи вимірювання кліматичних параметрів, що

забезпечує надійність роботи, точність вимірювань та можливість подальшого розширення функціональних можливостей системи.

2) Розраховано основні метрологічні характеристики комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів, зокрема діапазони вимірювань і похибки, що дозволяє оцінити відповідність системи встановленим вимогам точності.

3) Запропоновано використання бездротового Wi-Fi модуля та розроблення веб-сторінки, що забезпечує безконтактну передачу виміряних значень кліматичних параметрів на відстань, їхню візуалізацію та можливість дистанційного моніторингу.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з реферату, вступу, з 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 76 сторінках основного тексту і містить 33 рисунки, 5 таблиці та 22 джерела.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання кліматичних параметрів

Сучасні системи моніторингу кліматичних параметрів відіграють ключову роль у метеорологічних дослідженнях, сільському господарстві, промисловості та побутових застосуваннях. Основними вимірюваними величинами є температура повітря та атмосферний тиск, які безпосередньо впливають на формування погодних умов і кліматичних процесів. Для їх контролю розроблено широкий спектр приладів від простих аналогових вимірювачів до комплексних цифрових метеостанцій.

Традиційні прилади, такі як ртутні та aneroidні барометри, а також рідинні й електронні термометри, заклали основу для розвитку сучасних засобів вимірювання. На їх базі створено автоматизовані міні метеостанції, що поєднують у собі декілька сенсорів, мікроконтролери та засоби передачі даних. Такі системи забезпечують безперервний моніторинг атмосферних параметрів, високу точність вимірювань і можливість віддаленого доступу до результатів.

У цьому підрозділі розглянемо аналоги існуючих приладів і систем для вимірювання температури та атмосферного тиску, зокрема метеостанції різних типів. Проведемо аналіз їх принципів роботи, функціональних можливостей, основних переваг і недоліків, а також оцінемо доцільність застосування цих рішень у складі сучасних систем моніторингу кліматичних параметрів.

Метеостанція портативна Sunroad FR500 представлена на рис.1.1.



Рис. 1.1. Метеостанція портативна Sunroad FR500

Переносна, малогабаритна метеостанція Sunroad FR500 призначена для мандрівників, рибалок, човнярів. Завдяки високоточним внутрішнім датчикам метеостанція показує: поточний час, дату, температуру, атмосферний тиск, висоту над рівнем моря, вологість. Крім того, є компас, будильник.

Відмінною особливістю FR500 є вміння будувати точний графік зміни атмосферного тиску, давати прогноз погоди. Метеостанція легко поміщається в долоню або кишеню, має міцний пластмасовий корпус, що не сковує в руках і досить яскраву підсвітку зеленого кольору. Вона може бути корисна не лише любителям активного відпочинку, а також: водіям, дачникам, спеціалістам сільського господарства всім тим, хто потребує точному прогнозуванні погодних умов. Метеостанція може заряджатися від будь-яких джерел USB (мережний або автомобільний адаптер, комп'ютер, акумулятор USB).

Технічні характеристики:

- Клас захисту: IPX4;
- Годинник, автоматичний календар, будильник 1;
- Прогноз погоди;
- Підсвічування дисплея;
- Розміри: 100 x 65 x 20 мм;
- Вага: 70 гр;
- Джерело живлення: вбудований LiIon акумулятор 300 мА/год (зарядка від USB);
- Індикатор зарядки;

- Матеріали: пластик, метал;
- Колір: чорний + оранжевий;
- Барометр: Діапазон: 300hPa — 1100hPa Чутливість: 0.1 hPa;
- Графік: запис показань тиску за останні 24 години;
- Прогноз погоди: сонячно, мінлива хмарність, хмарно, дощ;
- Висотомір: Діапазон: -700 м. до 9000 м. Дозвіл: 1 м;
- Графік: запис показань висоти останні 24 години;
- Компас: Діапазон: 360° Дозвіл: 1°;
- Термометр: Діапазон: від -20° до 60°C Роздільна здатність: 0,1°C;
- Вибір одиниць вимірювання (Цельсій, Фаренгейт);
- Гігрометр: Діапазон відносної вологості: 20% — 95%;
- Пам'ять: мін. і макс. значення.[1]

Барометр механічний Baro 70B для вимірювання атмосферного тиску представлений на рис.1.2.

Побутовий термометр гігрометр, барометр 3в1 золотистий OOTDTY представлений на рис.1.2.



Рис.1.2. Побутовий термометр гігрометр, барометр 3в1 золотистий OOTDTY

Використовується для вимірювання параметрів температури, вологості, атмосферного тиску. Відповідно до зміни тенденції довілля він може передбачити погоду. 3 в 1 багатофункціональний, економний і практичний. Стандартний діапазон вимірювання.

Легкий і простий у встановленні, підходить для підвішування або розміщення на поверхні

Характеристики:

- Діапазон вимірювання: $-30-50^{\circ}$; $0 \sim 100\%$ відносної вологості; $970 \sim 1050$ hPa;
- Роздільна здатність: 1hPa, 1° , 2% RH;
- Точність: $\pm 2^{\circ}$, $\pm 5\%$ відносної вологості ($30 \sim 80\%$ відносної вологості), ± 5 hPa ($970 \sim 1040$ hPa);
- Діаметр: 13 см;
- Товщина: 4.1 см. [2]

Метеостанція Weather Station представлена на рис.1.3.



Рис.1.3. Метеостанція Weather Station

Функціонал:

1. Високоточний термометр відстежує зміни температури в межах $-10^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$. Точність температури: $\pm 1^{\circ}\text{C}$.
2. Гігрометр вимірює вологість повітря в діапазоні $10\% \sim 99\%$ RH. Період виміру 2 секунди. Точність вологості: $\pm 5\%$.
3. Датчик тиску вбудований у метеостанцію може прогнозувати погоду та інформувати про це за допомогою іконок: сонячно, хмарно, дощ.
4. Годинник, будильник та дата відображають час у форматі 24 годин, є будильник та календар.

Великий РК-дисплей повідомляє точну температуру час та вологість у реальному часі. Кімнатна метеостанція оснащена кронштейном для столу, на задній стінці є отвір для зручного кріплення на стіні.

Сфера використання: домашня метеостанція легко відстежує температуру та вологість у приміщенні. Незалежно від ситуації, Weather Station показує все, що потрібно знати, на одному привабливому цифровому дисплеї.

Технічні характеристики:

- Виробник: Weather Station;
- Тип: Метеостанції;
- Вид: Електронний;
- Погодні функції: Внутрішня вологість, Внутрішня температура, Індикатор рівня комфорту, Прогноз погоди у вигляді символів, Годинник;
- Дисплей: ЖК;
- Спосіб встановлення: Настільний/настінний;
- Харчування: Акумуляторна батарея;
- Додатково: Будильник, Календар, Годинник;
- Країна виробник: Китай;
- Гарантія: 12 місяців.[3]

Метеостанція Newentor FJ3383B представлена на рис.1.4.

Багатофункціональна метеостанція Newentor FJ3383B – це комбінований прилад для вимірювання температури та вологості у приміщенні та зовні, а також атмосферного тиску. Складається із стильної панелі керування та моніторингу з великим 5.8" РК-дисплеєм та вбудованим датчиком, а також 3-х виносних датчика з 0.8" дисплеєм. Завдяки яким можна одночасно стежити за кліматичним комфортом у саду, дитячій та кухні.



Рис.1.4. Метеостанція Newentor FJ3383B

Технічні характеристики:

- Годинник (12 або 24 годинний формат), календар (до 2099 року), дні тижня, будильник (з повтором);
- Поточна температура та вологість, максимальне та мінімальне значення (окремо для панелі та датчика);
- Прогноз погоди (на підставі тиску, що вимірюється) - графічне відображення: сонячно, мінлива хмарність, хмарно, дощ, гроза, сніг;
- Попередження про екстремальні температури та зледеніння;
- Рівень комфорту в приміщенні: волого, комфортно, сухо;
- Діапазон виміру температури: панель -9.950°C , виносний датчик - 2550°C ; також доступний вимір у $^{\circ}\text{F}$;
- Крок вимірювання температури / похибка: $0.1^{\circ}\text{C} / 1^{\circ}\text{C}$;
- Діапазон вимірювання вологості: 20-95%;
- Крок вимірювання вологості/похибка: 1% / 5%;
- Кнопка для підсвічування дисплея;
- Режим енергозбереження, автоматичне вимкнення підсвічування через 10 секунд;
- Індикація низького заряду батареї;

- Висувні ніжки для зручного розміщення панелі на столі;
- Датчики оснащені ніжкою та отвором для підвішування;
- Дальність зв'язку панель-датчик: до 60 м;
- Робоча частота: 433.92 МГц;
- Живлення панелі: 2 АА батареї (не входять до комплекту);
- Живлення датчика: 2 АА батареї (не входять до комплекту);
- Розмір панелі: 16 x 11.5 x 3.3 см;
- Розмір датчика: 9.5 x 5 x 2.5 см;
- Вага набору: 470 г [4].

Проведений аналіз сучасних приладів і систем для вимірювання кліматичних параметрів показав, що на сьогодні на ринку представлено широкий спектр рішень від простих механічних барометрів і комбінованих побутових приладів до багатофункціональних електронних метеостанцій. Основними перевагами розглянутих аналогів є компактність, достатня для побутових застосувань точність вимірювань, наявність локальної індикації та додаткових сервісних функцій, таких як прогноз погоди, календар і будильник.

Разом з тим, більшість проаналізованих пристроїв має низку суттєвих недоліків. Побутові та портативні метеостанції орієнтовані переважно на індивідуальне використання й не забезпечують відкритого доступу до вимірювальних даних, можливості гнучкого налаштування алгоритмів обробки та зберігання результатів. Механічні та комбіновані прилади характеризуються обмеженою точністю, низьким рівнем автоматизації та відсутністю засобів дистанційного моніторингу. Багатофункціональні цифрові метеостанції, у свою чергу, мають вищу вартість, закриту архітектуру та обмежені можливості інтеграції з комп'ютеризованими інформаційними системами.

Таким чином, існуючі аналоги не повною мірою відповідають вимогам сучасних інформаційно-вимірювальних систем, зокрема щодо автоматизованого збору, обробки, передачі та візуалізації кліматичних параметрів у режимі реального часу. Це обґрунтовує доцільність розроблення

комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів на базі сучасних сенсорів, мікроконтролерної платформи та бездротового каналу зв'язку. Запропонована система дозволяє підвищити гнучкість, масштабованість і доступність вимірювальних даних, а також створює передумови для її використання у навчальних, наукових і прикладних задачах моніторингу кліматичних умов.

1.2.Опис існуючих методів вимірювання атмосферного тиску

Тиск є однією з основних фізичних величин, що характеризує механічну дію сили на поверхню. У загальному вигляді тиск визначається як відношення сили, що діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні. У системі SI тиск вимірюється в паскалях (Па). У практичних застосуваннях також використовуються похідні одиниці, зокрема гектопаскаль (гПа), міліметр ртутного стовпа (мм рт. ст.) та атмосфера.

Атмосферний тиск – це тиск, який створюється вагою стовпа повітря, що діє на поверхню Землі та всі об'єкти, розташовані на ній. Його величина залежить від висоти над рівнем моря, температури, вологості повітря та метеорологічних умов. Атмосферний тиск є одним із базових кліматичних параметрів, що використовується для аналізу атмосферних процесів, прогнозування погоди та вивчення кліматичних змін.

Зміни атмосферного тиску безпосередньо пов'язані з утворенням циклонів і антициклонів, атмосферних фронтів та інших погодних явищ. Тому точне й безперервне вимірювання атмосферного тиску має важливе значення в метеорології, авіації, сільському господарстві, промисловості та наукових дослідженнях. [5]

На сьогодні існує декілька основних методів вимірювання атмосферного тиску, які відрізняються фізичними принципами дії, точністю та сферою застосування. Їх умовно можна поділити на механічні, рідинні, електричні та електронні (сенсорні) методи.

Одним із найдавніших і найбільш точних методів є **рідинний метод**, який реалізується в ртутних барометрах. Принцип дії ґрунтується на

врівноваженні атмосферного тиску вагою стовпа рідини в запаяній трубці. Висота ртутного стовпа є мірою атмосферного тиску. Основними перевагами ртутних барометрів є висока точність і стабільність показів, що дозволяє використовувати їх як еталонні засоби вимірювання.

Водночас ртутні барометри мають суттєві недоліки: великі габарити, крихкість, чутливість до механічних впливів, небезпеку використання ртуті та неможливість автоматизації процесу вимірювання. Це значно обмежує їх застосування в сучасних комп'ютеризованих системах.

Механічні барометри-анероїди працюють на основі деформації герметичної металевої коробки (анероїдної капсули), з якої частково відкачане повітря. Під дією змін атмосферного тиску капсула стискається або розширюється, а механічна система важелів передає це переміщення на стрілочний індикатор. Такі прилади є компактними, безпечними та зручними в експлуатації.

До недоліків анероїдних барометрів належать порівняно невисока точність, наявність механічного зносу та необхідність періодичного калібрування. Крім того, вони не забезпечують можливості дистанційного зчитування та обробки даних.

Сучасні системи моніторингу атмосферного тиску переважно використовують електричні та електронні методи, що базуються на перетворенні механічної деформації чутливого елемента в електричний сигнал. До таких методів належать тензорезистивні, ємнісні та п'єзорезистивні методи вимірювання.

П'єзорезистивні датчики тиску працюють за принципом зміни електричного опору напівпровідникового елемента під дією деформації мембрани. Вони характеризуються високою чутливістю, малими габаритами та можливістю інтеграції в мікроконтролерні системи. Саме цей метод широко застосовується в сучасних барометричних сенсорах.

Ємнісні датчики тиску базуються на зміні ємності між електродами внаслідок деформації мембрани. Вони відзначаються високою роздільною здатністю та низьким енергоспоживанням, проте є чутливими до температурних впливів і електромагнітних завад.

Найбільш перспективним напрямом є використання цифрових барометричних датчиків, які поєднують у собі чутливий елемент, аналого-цифровий перетворювач та цифровий інтерфейс передавання даних. Такі датчики забезпечують високу точність, стабільність характеристик і простоту інтеграції з мікроконтролерами.

Цифрові сенсори атмосферного тиску широко застосовуються у метеостанціях, навігаційних системах, авіаційних приладах та комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах. Вони дозволяють реалізувати автоматизований збір, обробку та дистанційну передачу вимірювальних даних, що є ключовою вимогою сучасних систем моніторингу кліматичних параметрів.

Отже, існуючі методи вимірювання атмосферного тиску еволюціонували від простих рідинних і механічних приладів до високоточних електронних і цифрових сенсорів. Традиційні методи залишаються важливими з точки зору метрології, однак не відповідають вимогам сучасних автоматизованих систем. Найбільш доцільним для реалізації комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем є застосування цифрових барометричних датчиків, які забезпечують необхідну точність, надійність і можливість інтеграції з засобами дистанційного моніторингу.[6]

1.3. Опис існуючих методів вимірювання температури

Температура є одним із найважливіших фізичних параметрів, що характеризує тепловий стан об'єктів і середовищ. Вона широко використовується в метеорології, кліматології, промисловості, медицині, енергетиці та багатьох інших галузях. Точне вимірювання температури має принципове значення для аналізу кліматичних процесів, прогнозування погодних умов, контролю технологічних режимів і забезпечення безпеки технічних систем. На сьогодні розроблено значну кількість методів вимірювання температури, які відрізняються за фізичними принципами дії, точністю, діапазоном вимірювань і сферою застосування.

1. Контактні методи вимірювання температури базуються на безпосередньому тепловому контакті вимірювального перетворювача з об'єктом дослідження. До цієї групи належать рідинні, механічні та електричні методи.

Одним із найстаріших і найпростіших є **рідинний метод**, який реалізується в ртутних або спиртових термометрах. Принцип дії таких приладів ґрунтується на тепловому розширенні рідини при зміні температури. Основними перевагами рідинних термометрів є простота конструкції, відносна стабільність показів і відсутність потреби в електроживленні. Водночас вони мають низку недоліків: інерційність, обмежений діапазон вимірювань, неможливість автоматизації та дистанційного зчитування результатів, що обмежує їх застосування в сучасних інформаційно-вимірювальних системах.

Механічні методи вимірювання температури реалізуються за допомогою біметалічних термометрів, принцип дії яких базується на різниці коефіцієнтів теплового розширення двох металів. Такі прилади відрізняються міцністю, простотою експлуатації та здатністю працювати в складних умовах. Проте вони характеризуються порівняно невисокою точністю та значною похибкою, що обмежує їх використання в задачах високоточного вимірювання кліматичних параметрів.

2. Електричні методи вимірювання температури. Найбільш поширеними в сучасних системах є електричні методи вимірювання температури, які базуються на зміні електричних параметрів чутливого елемента під дією температури.

До таких методів належать терморезистивні методи, що реалізуються за допомогою металевих термометрів опору (RTD) та напівпровідникових термісторів. Принцип їх дії полягає у зміні електричного опору чутливого елемента залежно від температури. Металеві термометри опору відзначаються високою точністю, стабільністю характеристик і хорошою повторюваністю результатів, проте мають вищу вартість. Термістори, навпаки, є дешевшими та мають високу чутливість, але характеризуються нелінійною характеристикою та обмеженим температурним діапазоном.

Широке застосування також отримали термоелектричні методи, які реалізуються за допомогою термопар. В основі їх роботи лежить ефект виникнення електрорушійної сили в колі з двох різнорідних провідників при наявності різниці температур. Термопари мають широкий діапазон вимірювань і високу надійність, що робить їх придатними для промислових застосувань. Разом із тим, вони поступаються терморезистивним методам за точністю та потребують компенсації температури холодного спаю.

3. Окрему групу становлять безконтактні методи вимірювання температури, які ґрунтуються на аналізі теплового випромінювання об'єкта. До них належать інфрачервоні пірометри та тепловізійні системи. Основною перевагою цих методів є можливість вимірювання температури рухомих, віддалених або небезпечних об'єктів без фізичного контакту. Водночас точність таких вимірювань значною мірою залежить від коефіцієнта випромінювання поверхні, умов навколишнього середовища та потребує складної калібровки, що обмежує їх застосування в задачах довготривалого кліматичного моніторингу.

4. Сучасний етап розвитку інформаційно-вимірювальних систем характеризується широким використанням цифрових температурних сенсорів, які поєднують у собі чутливий елемент, аналого-цифровий перетворювач і цифровий інтерфейс. Такі датчики забезпечують високу точність, простоту підключення до мікроконтролерів, мінімальний вплив завад і можливість інтеграції в комп'ютеризовані системи збору даних. Саме цифрові сенсори є найбільш перспективними для використання у складі сучасних систем визначення кліматичних параметрів з функціями автоматизації та дистанційного моніторингу [7].

Отже, існуючі методи вимірювання температури відрізняються за фізичними принципами, точністю та сферою застосування. Традиційні контактні методи залишаються актуальними для простих задач, проте не відповідають вимогам сучасних автоматизованих систем. Найбільш перспективними є електричні та цифрові методи, які забезпечують високу точність, надійність і можливість інтеграції з комп'ютеризованими

інформаційно-вимірювальними системами, що є особливо важливим для задач моніторингу кліматичних параметрів.

Висновки до 1 розділу

У першому розділі присвяченому аналізу аналогів, розглянуто побутові та портативні метеостанції, що відрізняються за функціональними можливостями, точністю, способом індикації та наявністю прогнозних функцій. Встановлено, що більшість існуючих рішень є комерційними закритими системами з обмеженими можливостями модифікації, розширення та інтеграції у спеціалізовані інформаційно-вимірювальні комплекси.

За результатами проведеного аналізу зроблено висновок про доцільність розробки комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів на основі сучасних цифрових сенсорів, мікроконтролерної платформи та бездротових засобів передавання даних. Такий підхід дозволяє поєднати точність і надійність вимірювань із можливістю автоматизованого збору, обробки та дистанційного моніторингу кліматичних параметрів, що обґрунтовує подальші етапи дослідження, представлені у наступних розділах роботи.

Проаналізовано існуючі методи вимірювання температури, включаючи термометри розширення, манометричні методи, електричні методи (термометри опору та термопари), а також безконтактні методи на основі теплового випромінювання. Встановлено, що для комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем найбільш доцільними є електронні методи, які забезпечують достатню точність, стабільність показів, швидкодію та можливість інтеграції з мікроконтролерними платформами.

Також розглянуто існуючі методи вимірювання атмосферного тиску, серед яких механічні (ртутні та анероїдні барометри) та електронні методи з використанням тензорезистивних і п'єзорезистивних сенсорів. Показано, що традиційні механічні прилади мають обмежені можливості автоматизації та дистанційного моніторингу, тоді як сучасні цифрові датчики тиску

дозволяють реалізувати високоточні вимірювання з подальшою цифровою обробкою та передачею даних.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1. Обґрунтування побудови структурної схеми

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення кліматичних з буде виконувати наступні функції:

- Виведення виміряних значень атмосферного тиску на дисплей та веб-сторінку;
- Світлова сигналізація про критичний рівень атмосферного тиску та температури;
- Передача виміряних даних на веб-сторінку;
- Включення/виключення системи;
- Живлення інформаційно-вимірювальної системи повинно бути від батарейок чи акумулятора.

Для виконання цих функцій необхідно такі складові:

- 1) Барометричний датчик, призначений для вимірювання атмосферного тиску та температури;
- 2) Дисплей для відображення поточних значень атмосферного тиску та температури;
- 3) Світлодіод червоного кольору, який забезпечує світлову сигналізацію у разі досягнення критичних значень атмосферного тиску;
- 4) Wi-Fi модуль для бездротової передачі виміряних значень атмосферного тиску на веб-сторінку;
- 5) Блок живлення, що забезпечує електроживлення всіх елементів системи;
- 6) Кнопку для ввімкнення та ініціалізації роботи системи;
- 7) Мікроконтролер, який здійснює керування процесами збору, обробки та передавання вимірювальної інформації.

Структурна схема повинна забезпечувати модульну побудову системи, що спрощує її налаштування, розширення функціональних можливостей та інтеграцію з сучасними інформаційними ресурсами.

2.2. Обґрунтування мікроконтролеру

Застосування мікроконтролера у пристрої для вимірювання кліматичних параметрів забезпечує високу гнучкість системи, розширює можливості цифрової обробки вимірювальної інформації, спрощує процедури калібрування, підвищує точність результатів вимірювань та створює умови для інтеграції пристрою з іншими інформаційними та вимірювальними системами.

Мікроконтролер являє собою компактний обчислювальний пристрій, реалізований у вигляді інтегральної схеми, на одному кристалі якої поєднані процесорне ядро, пам'ять та периферійні модулі.

Найпопулярніші серії мікроконтролерів включають:

1. AVR від Atmel (нині Microchip):

- ATmega, ATtiny – 8-біт RISC мікроконтролери;
- Широко використовуються в платформі Arduino.

2. PIC від Microchip:

- PIC16, PIC18, PIC24, PIC32 – 8-біт, 16-біт та 32-біт мікроконтролери;
- Популярні в промисловому та побутовому застосуванні.

3. ARM Cortex-M від ARM Holdings (нині Arm Ltd.):

- Cortex-M0, M0+, M3, M4, M7 – 32-біт мікроконтролери RISC;
- Використовуються в широкому діапазоні додатків від вбудованих до

Інтернету речей (IoT).

4. STM32 від STMicroelectronics:

- Засновані на ядрі ARM Cortex-M;
- STM32F, STM32L, STM32H – різні лінійки з різними можливостями.

5. RX від Renesas:

- RX600, RX200 – 32-біт мікроконтролери з підтримкою DSP;
- Популярні в промислових системах керування та автомобільній електроніці.

6. MSP430 від Texas Instruments:

- 16-біт мікроконтролери з низьким енергоспоживанням;
- Широко використовуються в портативних пристроях та системах збору даних.

7. ESP32 та ESP8266 від Espressif Systems:

- 32-біт мікроконтролери з вбудованим Wi-Fi модулем;
- Популярні в проектах Інтернету речей (IoT).

8. XMEGA від Microchip (колишній AVR):

- 8/16-біт мікроконтролери з розширеними функціями;
- Використовуються в промислових додатках та засобах автоматизації.

Ці серії охоплюють широкий діапазон архітектур, продуктивності, споживання енергії та цін, що дозволяє вибрати відповідний мікроконтролер для різноманітних застосувань - від простих вбудованих систем до складних промислових пристроїв [8].

Враховуючі, популярність, сумісність з датчиками та простоту програмування обираємо мікроконтролер ATmega328P.

2.3. Обґрунтування вибору wi-fi модуля

Для передавання вимірних показників атмосферного тиску і температури на веб-сторінку в дистанційному режимі потрібно використати wi-fi модуль.

Wi-Fi модуль для мікроконтролерів – це електронний компонент, що надає можливість бездротового з'єднання з мережею Інтернет або локальною мережею для мікропроцесорних систем та інших електронних пристроїв.

Ключові можливості Wi-Fi модуля:

- Організація бездротового обміну даними;
- Сумісність із різними протоколами передачі інформації;
- Криптографічний захист даних під час передавання;
- Перетворення цифрових сигналів у радіохвилі та зворотний процес.

Найпоширеніші wi-fi модулі в сучасній електроніці: ESP8266, ESP32, CC3000, RTL8710, HLK-M30.

Для порівняння зведемо основні параметри wi-fi модулів в Таблицю 2.1 [9].

Таблиця 2.1. Порівняльна таблиця Wi-Fi модулів

Характеристика	ESP8266	ESP32	CC3000	RTL8710	HLK-M30
----------------	---------	-------	--------	---------	---------

Ціна	2-5\$	4-8\$	10-15\$	3-6\$	8-12\$
Процесор	32-бітний одноядерний	32-бітний двоядерний	Відсутній	32-бітний	32-бітний
Бездротовий зв'язок	Wi-Fi 802.11 b/g/n	Wi-Fi + Bluetooth	Wi-Fi 802.11 b/g/n	Wi-Fi 802.11 b/g/n	Wi-Fi 802.11 b/g/n
Напруга живлення	3.3 В	3.3 В	3.3 В	3.3 В	3.3-5 В
Кількість GPIO	Обмежена (ESP-01: 2)	Розширена (30+)	Обмежена	Середня	Середня
Енергоспоживання	Середнє	Підвищене	Низьке	Середнє	Середнє
TCP/IP стек	Вбудований	Вбудований	Вбудований	Вбудований	Вбудований
SSL/Шифрування	Підтримується	Підтримується	Підтримується	Вбудований й SSL	Розширене
Сумісність Arduino ³	Висока	Висока	Середня	Висока	Середня
Підтримка спільноти	Дуже широка	Дуже широка	Обмежена	Середня	Обмежена
Документація	Відмінна	Відмінна	Добра	Задовільна	Добра
Застосування	ІоТ-проекти, прототипування	Складні ІоТ- системи	Промисловість	ІоТ- проекти	Промислове обладнання
Переваги	Низька ціна, простота	Потужність, функціональність	Низьке споживання	Ціна/якість, компактність	Надійність, безпека

Враховуючі компактні розміри, доступну ціну та достатнім можливостям для передачі даних тиску і температури оптимальний вибір буде модуль ESP8266 (ESP-01).

2.4. Обґрунтування вибору барометричного датчика

Для вимірювання атмосферного тиску та температури доцільно застосувати барометричний датчик.

Принципи роботи барометричних датчиків:

1. П'єзрезистивний принцип. Базується на використанні п'єзрезистивного матеріалу (зазвичай кремнієвої мембрани), електричний опір якого змінюється внаслідок механічної деформації під впливом атмосферного тиску. Ця зміна опору трансформується в електричний сигнал, що відповідає величині тиску.

2. Ємнісний принцип. Конструкція включає конденсатор з нерухомою пластиною та гнучкою мембраною. Під впливом тиску мембрана

деформується, змінюючи відстань між обкладками конденсатора. Зміна ємності фіксується та перераховується у значення тиску.

3. П'єзоелектричний принцип. Використовує властивість деяких кристалічних матеріалів (кварц, певні кераміки) генерувати електричний заряд при механічному навантаженні. Величина заряду корелює з прикладеним тиском.

4. Резонансний принцип. Ґрунтується на зміні резонансної частоти коливальної системи (наприклад, мікромеханічної балки) під дією атмосферного тиску. Відхилення частоти вимірюється та конвертується у значення тиску [9].

Найпоширеніші моделі барометричних датчиків: BMP180, BMP280, BME280, MS5611. Порівняльні характеристики цих сенсорів наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Порівняння барометричних датчиків

Характеристики	BMP280	BME280	MS5611
Діапазон вимірювання	300-1100 hPa	300-1100 hPa	10-1200 hPa
Точність	±1 hPa	±1 hPa	±1.5 hPa
Роздільна здатність	0.16 Pa	0.16 Pa	0.065 Pa
Інтерфейси	I2C/SPI	I2C/SPI	I2C/SPI
Напруга живлення	1.71-3.6V	1.71-3.6V	1.8-3.6V
Енергоспоживання (1 Hz)	2.7µA	3.6µA	12.5µA
Додаткові функції	Температура	Температура, вологість	Температура
Ціна	2-3\$	5-7\$	8-10\$

Зважаючи на діапазон вимірювання, широку доступність, точність, вартість, наявність стандартного інтерфейсу та сумісність з мікроконтролером Atmel, оптимальним вибором є датчик BMP180.

2.5. Обґрунтування вибору дисплея

Для виводу виміряних даних атмосферного тиску та температури необхідно використати дисплей для виводу інформації.

Дисплей – це пристрій візуального відображення інформації, що представляє дані у вигляді тексту, зображень, графічних елементів або відеоконтенту. Екрани знайшли широке застосування в численних електронних приладах: мобільних телефонах, телевізійних приймачах, комп'ютерних екранах, портативних комп'ютерах, планшетних пристроях, цифрових годинниках, автомобільних приладових панелях та іншій техніці. Сучасний ринок пропонує різні технології дисплеїв, кожна з яких має специфічні технічні особливості та переваги.

Ось найбільш поширені з них:

1. Рідкокристалічні (LCD) – відображають інформацію за допомогою рідких кристалів, які регулюють пропускання світла.
2. Світлодіодні (LED) – складаються з великої кількості світлодіодів, які формують піксельне зображення.
3. Плазмові (PDP) – використовують суміш інертних газів, яка світиться під дією електричного розряду.
4. Електролюмінісцентні (EL) – створюють зображення шляхом люмінесценції від прикладеної напруги.
5. Електронно-променеві трубки (ЕПТ) – зображення формується електронним променем, що вдарається у люмінофор на екрані.
6. Проекційні – проектують зображення за допомогою світлодіодів, лазерів чи ламп на екран або поверхню.
7. Електрохромні – змінюють колір та прозорість під дією електричного струму.
8. Електронні чорнила (E-ink) – імітують зовнішній вигляд звичайного паперу шляхом переорієнтації частинок фарби.

При виборі дисплея враховуємо його сумісність з мікроконтролером, кількістю знаків для виводу атмосферного тиску та температури, живлення. Таким вимогам задовольняє дисплей LCD 1602 інтерфейсом I2C, якій має 2 строчки по 16 символів [10].

2.6. Обґрунтування вибору кнопки

Для керування включення системи пропонується застосувати кнопку.

Кнопка – це електромеханічний комутаційний елемент (перемикач), призначений для ручного керування електричними колами.

Кнопкові пристрої мають широке розповсюдження в електронних схемах і виконують різноманітні функції. Основні типи кнопок та сфери їх використання в електроніці:

1. Тактові кнопки – базові кнопкові комутатори, що забезпечують замикання або розмикання електричного кола під час натискання. Призначені для ініціювання команд, скидання параметрів, комутації живлення та подібних операцій.

2. Кнопки фіксуючого типу – циліндричні елементи, які при першому натисканні фіксуються у натиснутому стані, а при повторному повертаються до початкового положення. Застосовуються для постійного активування/деактивації певних функцій.

3. Поворотні енкодери – обертові елементи керування, що змінюють параметри відповідно до кута обертання. Типове застосування регулювання рівня гучності, яскравості тощо.

4. Мембранні перемикачі – плоскі еластомерні або полімерні кнопки без помітного механічного переміщення. Популярні в мобільних пристроях завдяки мінімальним габаритам.

5. Сенсорні елементи – кнопки, що спрацьовують від дотику через ємнісний або резистивний датчик. Широко представлені на сенсорних панелях та дисплеях.

6. Кодові кнопки – елементи, що генерують специфічні комбінації сигналів залежно від способу натискання. Застосовуються в дистанційних пультах та клавіатурних пристроях [11].

Для даної системи пропонується використання тактової кнопки.

2.7. Обґрунтування вибору світлової сигналізації

Для індикації роботи пропонується використати червоний світлодіод.

Світлодіод (СД або LED, світловипромінюючий діод) – це напівпровідниковий пристрій, який випромінює світло при пропусканні через нього електричного струму. Основні характеристики та принцип роботи світлодіода:

1. Будова: Світлодіод складається з напівпровідникового кристалу, виготовленого з матеріалів III-V груп (наприклад, GaAsP, GaP), III-N груп (GaN) або органічних сполук. Кристал розміщений в корпусі з прозорою лінзою.

2. Принцип роботи: При пропусканні струму через р-п перехід напівпровідника, електрони переходять з області n-типу в область р-типу, рекомбінуючи з дірками. Ця рекомбінація супроводжується випромінюванням фотонів у видимому або інфрачервоному діапазоні.

3. Колір випромінювання: Довжина хвилі та колір випромінюваного світла залежить від складу та домішок напівпровідникового матеріалу. Доступні різні кольори: червоний, зелений, синій, білий та інші.

4. Переваги світлодіодів:

- Висока енергоефективність;
- Тривалий термін служби;
- Компактний розмір;
- Стійкість до вібрацій та ударів;
- Низьке тепловиділення;
- Можливість регулювання яскравості.

5. Застосування: Світлодіоди широко використовуються в різноманітних галузях, таких як освітлення, дисплеї, індикатори, оптичні передавачі даних, автомобільна промисловість тощо [12].

Пропонується використати червоний led світлодіод, який буде сумісний по напрузі живлення з мікроконтролером.

2.8. Обґрунтування вибору живлення

Для живлення системи визначення кліматичних параметрів потрібно використати блок живлення.

Блок живлення – це пристрій, який перетворює вхідне джерело електроенергії (наприклад, змінний струм з електромережі) в необхідні для роботи електронних пристроїв види енергії (постійний струм різних напруг).

Пристрій можна живити від будь-якого джерела постійного струму з вихідною напругою від 3 до 5 В.

1. Живлення від мережевого адаптера. Мікроконтролерна плата на базі Atmel може отримувати живлення через роз'єм постійного струму від зовнішнього блока живлення (AC/DC адаптера). При виборі цього варіанту необхідно забезпечити відповідність вихідних параметрів адаптера (напруги та струму) технічним вимогам плати.

2. Автономне живлення від батарей. Альтернативним рішенням є використання елементів живлення. Це можуть бути стандартні гальванічні елементи формату AA або AAA, або перезаряджувані літій-іонні акумулятори. Для підключення батарейного живлення застосовуються спеціалізовані модулі стабілізації напруги та управління живленням.

3. Живлення від сонячних панелей. За певних умов доцільним є застосування фотоелектричних перетворювачів (сонячних панелей) для енергозабезпечення системи. Такий підхід особливо ефективний для портативних пристроїв або систем, розташованих у віддалених місцях без доступу до електромережі. Зазвичай сонячні модулі комбінують з акумуляторними батареями для накопичення електроенергії та забезпечення безперервної роботи.

Акумулятор (або акумуляторна батарея) – це хімічне джерело електричної енергії багаторазового використання, здатне накопичувати (акумуляувати) електричну енергію шляхом перетворення її в хімічну, а потім віддавати накопичену енергію споживачам через зворотний процес.

Сучасна електроніка використовує різноманітні типи акумуляторів, що базуються на відмінних електрохімічних процесах для накопичення та віддачі енергії. Розглянемо найпоширеніші з них:

1.Свинцево-кислотні акумулятори (Pb-Acid). Представляють найдавнішу та найбільш розповсюджену технологію акумуляторів. Принцип роботи ґрунтується на використанні свинцевих електродів та сірчано-кислотного електроліту. Знайшли застосування в автомобільній промисловості, системах резервного живлення та енергетичних установках великої потужності.

2.Літій-іонні акумулятори (Li-Ion). Функціонують на основі переміщення іонів літію між електродами. Домінують у сегменті портативної електроніки: смартфонах, ноутбуках, планшетних комп'ютерах та подібних пристроях. Характеризуються високою питомою енергоємністю та мінімальним саморозрядом.

3. Нікель-метал-гідридні акумулятори (NiMH). Робочий процес базується на взаємодії нікелевих електродів з металогідридними сполуками. Застосовуються в цифрових фотокамерах, бездротовому електроінструменті, іграшках та інших побутових електронних приладах.

4. Літій-полімерні акумулятори (Li-Po). Також використовують літій як активний елемент, проте відрізняються наявністю полімерного електроліту замість рідкого. Популярні в мобільних гаджетах, дронах, робототехніці завдяки можливості виготовлення тонких та легких корпусів довільної форми.

Окрім перелічених, існують нікель-кадмієві акумулятори (NiCd), системи з підвищеною напругою та інші спеціалізовані типи. Кожна технологія має специфічні переваги та обмеження. Вибір оптимального типу акумулятора визначається конкретними вимогами застосування: необхідною енергоємністю, тривалістю автономної роботи, умовами експлуатації, швидкістю заряджання та економічними факторами.

При виборі системи живлення варто враховувати напругу всіх складових елементів на платі.

Для системи вимірювання атмосферного тиску пропонується використати нікель-метал-гідридні акумулятор.[13]

2.9.Структурна схема

Структурна схема комп'ютеризованої системи для визначення кліматичних параметрів представлена на рис.2.7.

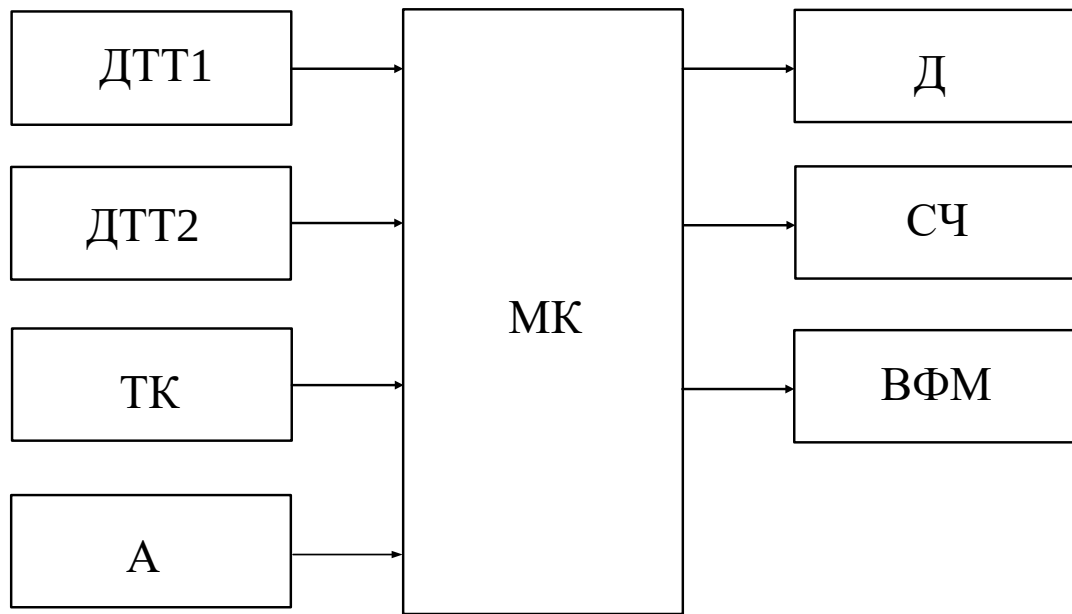


Рис. 2.7. Структурна схема системи для визначення кліматичних параметрів

Складові елементи схеми наступні:

- МК – мікроконтролер;
- ВФМ – Wi-fi модуль (вай-фай модуль);
- ДТТ1, ДТТ2 –барометричний датчик (датчик тиску та температури);
- ТК – тактова кнопка;
- СЧ– світлодіод червоний;
- Д –дисплей;
- А – акумулятор.

Висновки до 2 розділу

У другому розділі було детально розглянуто функціональні можливості системи моніторингу кліматичних параметрів. Розроблювана система забезпечує виконання наступних функцій: вимірювання поточних значень атмосферного тиску та температури, відображення виміряних даних на дисплеї, бездротову передачу інформації через Wi-Fi на веб-інтерфейс, світлову індикацію критичних значень за допомогою червоного світлодіода,

керування увімкненням системи через тактову кнопку та забезпечення живлення пристрою.

Відповідно до визначених функціональних вимог було проведено технічне обґрунтування вибору компонентів структурної схеми з урахуванням їх сумісності з мікроконтролером Atmel. Зокрема, було обрано: барометричний датчик BMP180 для одночасного вимірювання атмосферного тиску та температури, Wi-Fi модуль ESP8266 (ESP-01) для бездротової передачі даних, дисплей для візуалізації інформації, тактову кнопку для керування системою, світлодіод для сигналізації та відповідне джерело живлення. На основі обраних елементів розроблено структурну схему системи.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Вибір мікроконтролера

У ролі мікроконтролера було обрано представника сімейства Atmel. З огляду на його широку популярність та доступність, доцільно використати ATmega328P. Мікроконтролер ATmega328 випускається у трьох різних типах корпусів, які наведені на рис. 3.1–3.3.[14]

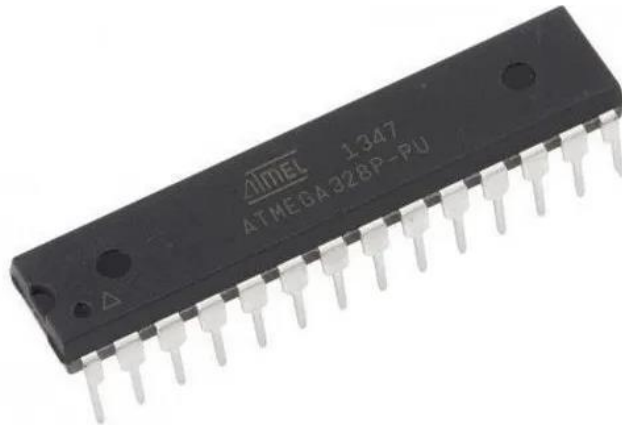


Рисунок 3.1. Мікроконтролер ATmega328P в корпусі PDIP

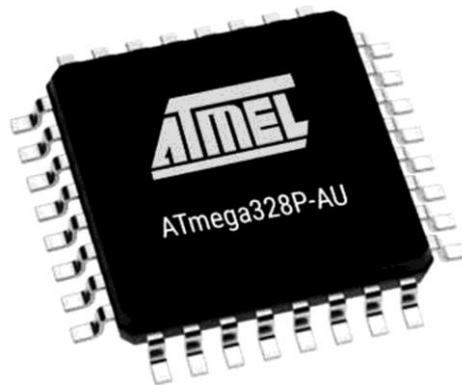


Рисунок 3.2. Мікроконтролер ATmega328P в корпусі TQFP

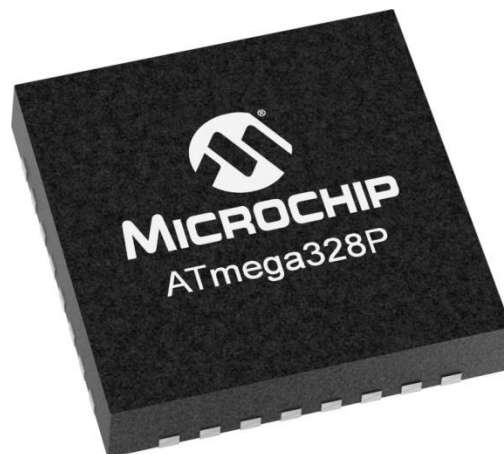


Рисунок 3.3. Мікроконтролер ATmega328P в корпусі MLF

Версія ATmega328P у DIP-корпусі постачається з попередньо встановленим завантажувачем Arduino UNO з тактовою частотою 16 МГц. Це

дає можливість застосовувати програми, написані в середовищі Arduino, без необхідності використання самої плати Arduino.

Для забезпечення коректної та стабільної роботи мікроконтролера потрібні зовнішній кварцовий резонатор на 16 МГц, джерело живлення напругою 5 В, а також послідовний інтерфейс для обміну даними.

До основних характеристик мікроконтролера ATmega328 належать:

1. Архітектура. ATmega328 побудований на 8-бітній RISC-архітектурі, що забезпечує ефективне виконання інструкцій і високу швидкодію за умови низького енергоспоживання.

2. Тактова частота. Максимальна робоча частота становить до 20 МГц, що дозволяє виконувати швидкі обчислення та операції введення/виведення.

3. Пам'ять. Мікроконтролер оснащений 32 КБ флеш-пам'яті для зберігання програм, 2 КБ оперативної пам'яті SRAM для змінних та 1 КБ EEPROM для збереження даних, які не повинні втрачатися після вимкнення живлення.

4. Порти введення/виведення. ATmega328 має 23 цифрові лінії введення/виведення, серед яких 6 можуть працювати в режимі PWM, а також 6 аналогових входів для зчитування аналогових сигналів.

5. Інтерфейси зв'язку. Підтримуються стандартні протоколи обміну даними: UART для зв'язку з комп'ютером або іншими пристроями, SPI та I²C для підключення периферійних модулів і датчиків.

6. Живлення. Робочий діапазон напруги становить від 1,8 В до 5,5 В, що дозволяє використовувати різні джерела живлення – від батарей до зовнішніх блоків або USB.

7. Програмування. Програмування ATmega328 здійснюється з використанням мови Arduino, яка базується на C/C++. Наявність середовища Arduino IDE значно спрощує процес розробки та налагодження програм.

Блок діаграма ATmega328P представлена на рис.3.4.

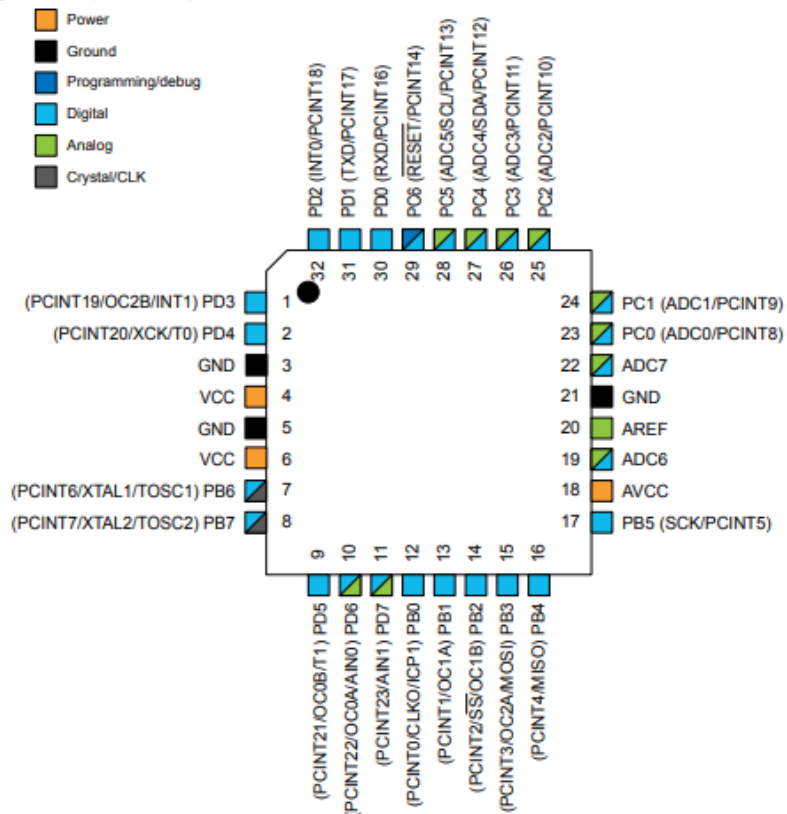


Рисунок 3.6. Розташування виводів ATmega328P в корпусі TQFP

ATmega328P – це мікроконтролер, розроблений компанією Atmel і віднесений до сімейства megaAVR; на сьогодні його виробником є компанія Microchip.

Основні технічні характеристики мікроконтролера ATmega328P:

- 8-бітна архітектура AVR;
- 32 КБ вбудованої флеш-пам'яті для зберігання програм;
- 1 КБ енергонезалежної пам'яті EEPROM;
- 2 КБ оперативної пам'яті SRAM;
- 23 універсальні лінії введення/виведення;
- 32 регістри загального призначення;
- три таймери/лічильники з можливістю роботи в режимі порівняння;
- 24 джерела внутрішніх і зовнішніх переривань;
- підтримка програмування та обміну даними через інтерфейс UART;
- наявність послідовних інтерфейсів SPI та I²C;
- 8-канальний аналого-цифровий перетворювач із роздільною здатністю 10 біт;

- 6 каналів широтно-імпульсної модуляції (ШІМ);
- програмований сторожовий таймер із вбудованим генератором;
- п'ять режимів зниженого енергоспоживання;
- робочий діапазон напруги живлення від 1,8 до 5,5 В;
- продуктивність до 1 MIPS (мільйон інструкцій за секунду);
- максимальна тактова частота до 20 МГц.[15]

3.2. Вибір wi-fi модуля

Для забезпечення передавання даних на веб-сторінку необхідно використати Wi-Fi модуль. У якості такого модуля обрано ESP-01, який повністю сумісний з мікроконтролером ATmega328P та зображений на рис. 3.7. Призначення виводів ESP-01 наведено на рис. 3.8, а схема підключення до мікроконтролера прелставлена на рис. 3.9 [16].



Рисунок 3.7. Wi-fi модуль ESP-01

ESP-01 є одним із найпоширеніших Wi-Fi модулів серії ESP8266. Обмін даними з комп'ютером або мікроконтролером здійснюється через інтерфейс UART із використанням AT-команд. Окрім цього, модуль може функціонувати як автономний пристрій – для цього в нього завантажується власна прошивка з користувацькою програмою. Мікроконтролер ESP8266 поєднує в собі мережевий контролер із вбудованим Wi-Fi трансивером та можливістю виконання прикладних програм, що зберігаються у зовнішній пам'яті.

Завдяки низькій вартості та широкому функціоналу ESP-01 активно застосовується в системах Інтернету речей (IoT), рішеннях «розумного дому» та охоронних комплексах.

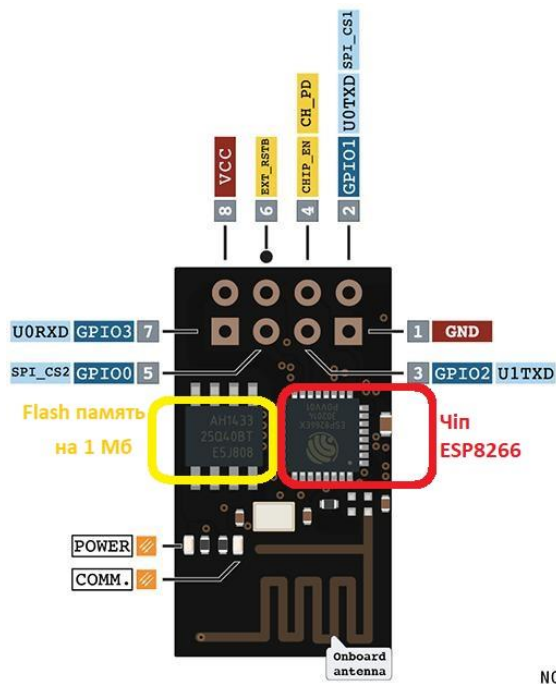


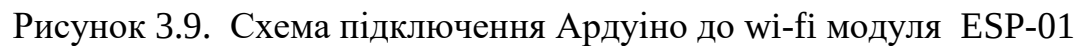
Рисунок 3.8. Розташування виводів wi-fi модуля ESP-01

Модуль ESP-01 виконаний у вигляді компактної плати, на якій розміщені два основні компоненти: мікроконтролер ESP8266 та зовнішня flash-пам'ять об'ємом 1 МБ, оскільки власної флеш-пам'яті мікроконтролер не має. Також на платі встановлено кварцовий резонатор і друковану антену. Для індикації роботи передбачено два світлодіоди – червоний та синій: червоний сигналізує про наявність живлення, а синій блимає під час виконання команд (у модифікації ESP-01S червоний світлодіод відсутній з метою зменшення енергоспоживання). Підключення модуля здійснюється за допомогою восьми контактів із кроком 2,54 мм.

Призначення виводів ESP-01:

- VCC – вхід живлення модуля, напруга 3,3 В (подача 5 В недопустима).
- GND – загальний провід (земля).
- TX (TXD) – передавання даних через послідовний інтерфейс UART.
- RX (RXD) – приймання даних через інтерфейс UART.
- CH_PD (EN) – дозвіл роботи модуля; для нормальної роботи повинен бути підключений до 3,3 В.
- RST – вхід апаратного скидання (reset); активний при низькому рівні.

- GPIO2 – універсальний порт введення/виведення; під час запуску має бути у стані HIGH для коректного старту модуля.



- підтримка стандарту Wi-Fi 802.11 b/g/n (2,4 ГГц);
- режими роботи Wi-Fi: Station (клієнт) та soft-AP (точка доступу);
- вихідна потужність передавача до 19,5 дБ;
- діапазон напруги живлення від 1,8 до 3,6 В;
- максимальний струм споживання близько 220 мА;
- кількість портів введення/виведення загального призначення 2

- тактова частота вбудованого процесора 80 МГц;
- обсяг пам'яті для зберігання програмного коду 1024 КБ;
- обсяг оперативної пам'яті 96 КБ;
- габаритні розміри модуля $24,8 \times 14,3 \times 8$ мм.[16]

3.3. Вибір барометричного датчика

Для вимірювання кліматичних параметрів, а саме атмосферного тиску та температури потрібно застосувати барометричний датчик. Було обрано барометричний датчик BMP180, зовнішній вигляд зображено на рис.3.10.



Рисунок 3.10. Барометричний датчик BMP180

BMP180 – це компактний цифровий датчик атмосферного тиску, розроблений компанією Bosch Sensortec, який широко використовується в електронних пристроях для вимірювання тиску, температури та обчислення висоти над рівнем моря. Завдяки малим габаритам, низькому енергоспоживанню та високій точності, датчик добре підходить для портативних і вбудованих систем, зокрема проєктів на базі мікроконтролерів.

Датчик BMP180 вимірює атмосферний тиск у діапазоні приблизно 300–1100 гПа, що дозволяє застосовувати його як для метеорологічних спостережень, так і для визначення висоти з високою роздільною здатністю. Окрім тиску, модуль також забезпечує вимірювання температури, яка використовується для температурної компенсації результатів, підвищуючи точність показів.

Обмін даними з мікроконтролером здійснюється через інтерфейс I²C, що спрощує підключення та дозволяє використовувати мінімальну кількість виводів. BMP180 сумісний з більшістю популярних мікроконтролерів, зокрема Arduino та ATmega328P.

До основних переваг датчика належать:

- висока точність вимірювання атмосферного тиску;

- низьке енергоспоживання, що робить його придатним для автономних пристроїв;
- малі розміри та невелика маса;
- простота інтеграції завдяки стандартному інтерфейсу I²C;
- можливість використання для розрахунку висоти та прогнозування змін погоди.

Схема підключення датчика BMP180 до Ардуїно зображена на рис.3.11. Шина ІС передбачає підключення декількох приладів (теоретично до 127). З'єднаємо датчик і дисплей як вказано на схемі:

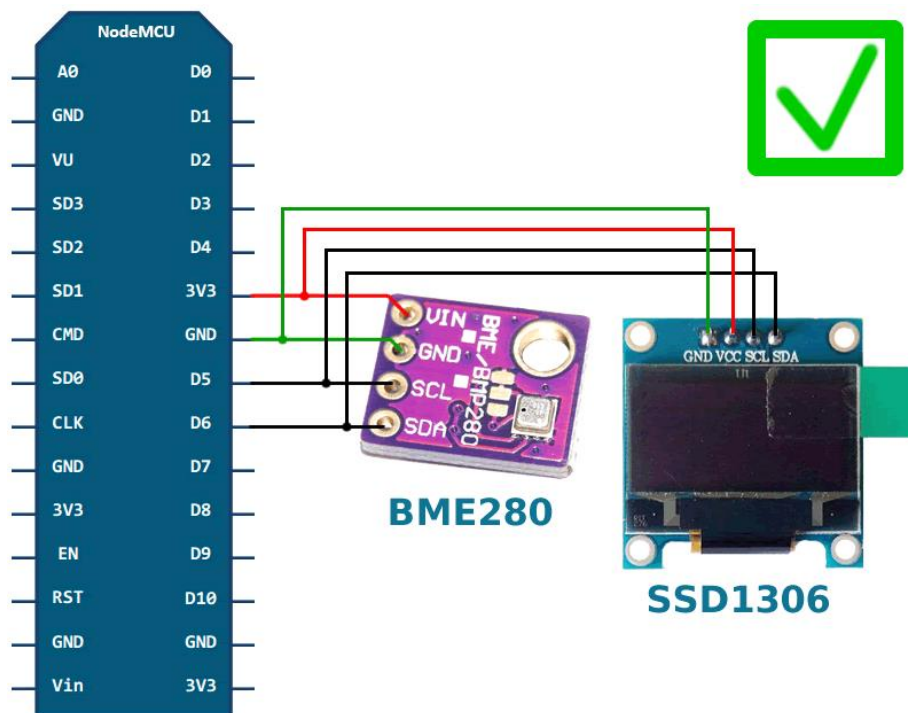


Рисунок 3.11. Схема підключення датчика BMP180

Технічні характеристики:

- діапазон вимірювань: 300 - 1100 гПа (9000 ... -500 метрів над рівнем моря);
- пропускна здатність: 0.03 гПа / 0.25 м;
- діапазон виміру температур: -40 to + 85 ° C (точність ± 2 град);
- управління по шині I2C;
- напруга живлення: 2 - 5В;
- споживання в режимі очікування: 0,1 мкА;
- модель: GY-65. [17]

3.4. Вибір дисплею

Для виводу виміряних значень кліматичних параметрів пропонується використати рідкокристалічний дисплей LED 1602 з модулем I2C (рис.3.12).



Рис. 3.12. Дисплей LCD 1602 з I2C

Рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display) LCD 1602 є добрим вибором для виведення рядків символів у різних проектах. Він коштує недорого, є різні модифікації з різними кольорами підсвічування, ви можете легко завантажити готові бібліотеки для скетч Ардуїно.

Але найголовнішим недоліком цього екрану є той факт, що дисплей має 16 цифрових висновків, з яких обов'язковими є мінімум 6. Тому використання цього екрану LCD без i2c додає серйозні обмеження для плат Arduino Uno або Nano. Для того, щоб заощадити контакти, пропонується використати підключення дисплея через i2c.

Характеристики:

- тип дисплея: рідкокристалічний символний;
- формат відображення: 2 рядки по 16 символів;
- тип контролера: HD44780 або сумісний;
- інтерфейс обміну даними: I2C (TWI);
- кількість ліній підключення: 2 сигнальні (SDA, SCL) плюс живлення;
- напруга живлення модуля: 5 В (деякі версії підтримують 3,3 В);

- споживаний струм: приблизно 1–2 мА (без підсвітки);
- підсвітка : LED, зазвичай синя або зелена з білими символами;
- можливість регулювання контрастності за допомогою вбудованого потенціометра;
- кут огляду: до 180°;
- робоча температура : від –20 °С до +70 °С;
- габаритні розміри модуля: приблизно 80 × 36 × 12 мм;
- адреса I2C: стандартно 0x27 або 0x3F (залежно від адаптера).[18]

3.5. Вибір тактової кнопки

Для включення системи пропонується застосувати тактову кнопку. ТАСТ 6х6-8.5 2-pin (рис. 3.13).

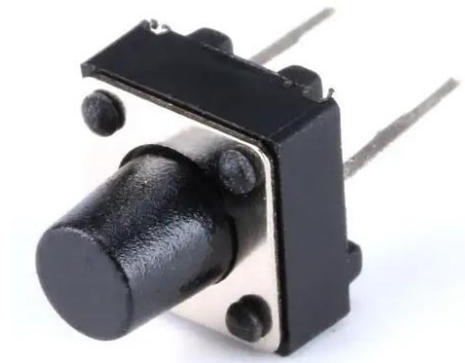


Рис. 3.13. Кнопка тактова ТАСТ 6х6-8.5 2-pin

Тактова кнопка типу ТАСТ 6×6–8.5 з двома виводами є компактним механічним перемикачем, призначеним для короткочасного замикання електричного кола. Вона широко використовується у схемах керування, побутовій електроніці, вимірювальних пристроях та мікроконтролерних системах.

Основні технічні характеристики:

- тип кнопки: тактова (momentary switch);
- кількість контактів: 2 виводи;
- електрична схема: нормально розімкнена (NO);
- розміри корпусу: 6 × 6 мм;
- висота кнопки: 8,5 мм;

- монтаж у отвори друкованої плати (ТНТ);
- номінальна напруга до 12 В;
- номінальний струм до 50 мА;
- контактний опір не більше 100 мОм;
- опір ізоляції не менше 100 МОм;
- ресурс натискань до 100 000 циклів;
- зусилля натискання приблизно 160–260 г;
- робочий температурний діапазон від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$ [19].

3.6. Вибір світлової сигналізації

Для сигналізації про критичні значення кліматичних параметрів температури та атмосферного тиску пропонується застосувати червоний DIP світлодіод діаметром 3 мм моделі L-1154GT від компанії Kingbright (рис. 3.14).

Даний світлодіод відрізняється низьким енергоспоживанням, високою яскравістю та тривалим терміном служби, що забезпечує надійну візуальну індикацію аварійних режимів роботи пристрою. Крім того, компактні розміри дозволяють легко інтегрувати його в друковану плату системи.



Рис.3.14.Червоний світлодіод моделі L-1154GT від компанії Kingbright

Технічні характеристики:

- Діаметр: 3mm;
- Колір світіння: Червоний;

- Довжина хвилі: 625-630nm;
- Корпус: Червоний дифузний;
- Яскравість: 500-700mcd;
- Кут світіння: 60° ;
- Напруга: 1.6-2.0V;
- Довжина виводів: 17mm [20]

3.7.Вибір блока живлення

Врахувавши те, що всі елементи запитуються від мікроконтролеру. Для визначення атмосферного тиску система включає такі компоненти. Мікроконтролер ATmega328P працює при напрузі від трьох до п'яти вольт. Барометричний датчик BMP180 може житися як від 3,3, так і від 5 вольт. Wi-Fi модуль ESP-01 потребує напруги в діапазоні від 1,8 до 3,6 вольт. LCD-дисплей 1602 з інтерфейсом I2C працює від п'яти вольт. Тактова кнопка розрахована на напругу до 12 вольт, а світлодіод — на 1,8–2,2 вольт.

Пропонується використати акумулятор на батарейкайках на 4,8 V вольт В 2300 Mah Ni-Mh рис.3.15.

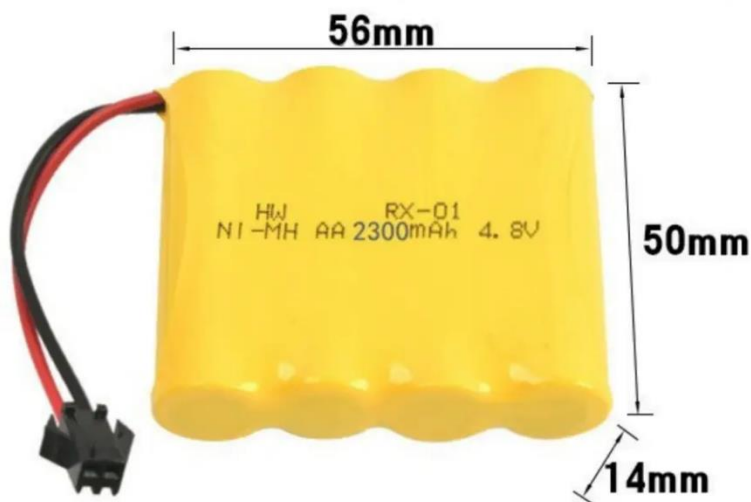


Рис 3.15. Акумулятор на 4,8 V вольт В 2300 Mah Ni-Mh

Характеристики акумулятора на 4,8 В 2300 Mah Ni-Mh:

- Країна виробник: Китай;
- Тип: Акумулятор;

- Тип акумулятора: Ni-Cd;
- Місткість акумулятора: 2300 мА/год;
- Напруга акумулятора: 4.8 В;
- Тип силового роз'єму: JST;
- Довжина: 56 мм;
- Ширина: 14 мм;
- Висота: 50 мм;
- Вага: 100 г [21].

3.8. Побудова електрично-принципової схеми

На основі запропонованих компонентів побудуємо принципову схему для системи визначення кліматичних параметрів (рис. 3.16).

Складові схеми системи наступні:

- DD1 – мікроконтролер ATmega328P;
- DD2 – wi-fi модуль ESP-01;

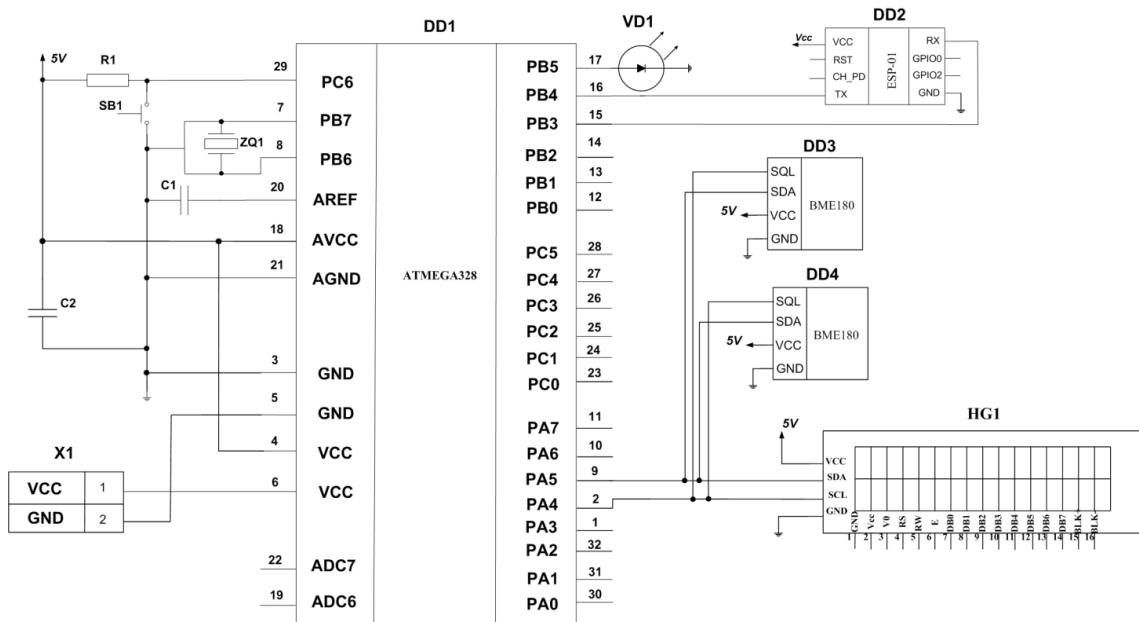


Рис. 3.16. Принципова схема

- DD3- DD4 – барометричний датчик BMP180;
- HG1 – рідкокристалічний дисплей LCD 1602 I2C;
- SB1 – тактова кнопка ТАСТ 6x6-8.5 2-pin;
- VD1– світлодіод червоний L-1154GT;

- ZQ1 – кварцевий резонатор 16МГц;
- R1– 1 кОм;
- C1– 100нФ, C2 – 4,7мкФ;
- X1 – роз’єм для акумулятора 4,8 В.

Висновок до 3 розділу

У третьому розділі були розглянуті та описані обрані компоненти системи. В якості мікроконтролера використано ATmega328P, для вимірювання атмосферного тиску та температури обрано барометричний датчик BMP180, а для бездротового зв’язку модуль Wi-Fi ESP-01. Для відображення інформації застосовується дисплей LCD 1602 I2C, для світлової сигналізації червоний світлодіод, а для вводу користувача тактова кнопка. Живлення системи забезпечується акумулятором AA 2300 мА·год, 4,8 В Ni-MH. На основі цих компонентів було розроблено принципову електричну схему.

4.РОЗРОБКА ПРОГРАМНО -АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП’ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1.Розробка алгоритму

Для роботи комп’ютеризованої системи для визначення кліматичних параметрів було побудовано алгоритм, що представлений на рис.4.1.

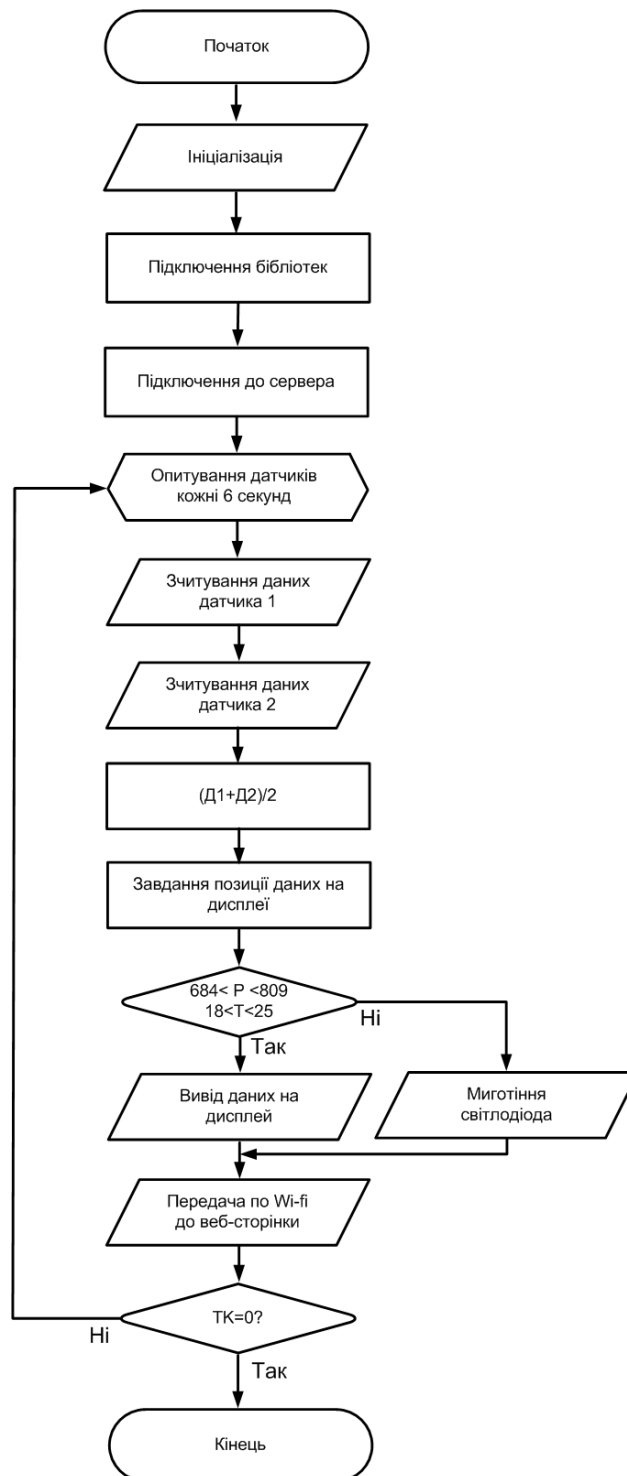


Рис.4.1.Алгоритм роботи системи

Опис алгоритму наступний:

Початок: Виконуються початкові налаштування перед запуском алгоритму.

Ініціалізація змінних: Створюються та ініціалізуються змінні для збереження даних температури та атмосферного тиску.

Підключення бібліотек: Підключаються необхідні бібліотеки для роботи з датчиками та виведення даних на дисплей.

Підключення до сервера: Система шукає пристрій (смартфон, планшет, ноутбук) та виконує авторизацію через логін і пароль для підключення до сервера.

Опитування датчиків: Запуск циклу вимірювань, що повторюється кожні 6 секунд.

Вимірювання: Зчитування температури та атмосферного тиску з датчиків.

Обробка даних: Розрахунок середніх, максимальних і мінімальних значень отриманих показників.

Завдання позицій тексту на дисплеї: Визначення розташування інформації на екрані.

Аналіз даних: Перевірка коливань атмосферного тиску (684–809 мм рт. ст.). Якщо значення виходять за межі, то спрацьовує світлова сигналізація. Також аналізується температура (норма для житлових та робочих приміщень: 18–20 °C) та визначається, чи вона в межах норми.

Вивід на дисплей: Відображення оброблених даних (температури та тиску) на екрані.

Передача на веб-сторінку: Надсилання оброблених даних для відображення на веб-інтерфейсі.

Перевірка кнопки: Якщо кнопка не натиснута, то цикл повторюється. Якщо натиснута, то алгоритм завершується.

Кінець: Завершення роботи алгоритму або повторення циклу від початку за потреби.

4.2. Розробка програми для мікроконтролеру

Для розробки програми обрано мову C++ для платформи **Arduino**, оскільки мікроконтролер ATmega328P повністю сумісний з цією мовою та має добре розвинену екосистему бібліотек для роботи з датчиками, дисплеями та модулями Wi-Fi. Вибір Arduino IDE як середовища програмування забезпечує зручність написання, компіляції та завантаження коду на мікроконтролер. Це дозволяє швидко реалізувати вимірювання кліматичних параметрів, обробку

даних і відображення інформації на дисплеї та веб-інтерфейсі, не потребуючи складної конфігурації середовища чи знання низькорівневих протоколів.

Програма написана на мові C++ для платформи **Arduino**. Вона використовує низку бібліотек для роботи з датчиками, дисплеєм, Wi-Fi та веб-сервером.

Для роботи з барометричним датчиком BMP180 використовується бібліотека Adafruit_BMP185, яка дозволяє зчитувати дані про атмосферний тиск і температуру. З'єднання з датчиками та дисплеєм по шині I²C забезпечує стандартна бібліотека Wire, а для керування LCD-дисплеєм 16×2 по I²C застосовується LiquidCrystal_I2C.

Для організації бездротового зв'язку використовується WiShield (для старих Wi-Fi шилдів) та бібліотека ESP8266WiFi для роботи з модулем ESP-01. Для створення веб-сервера, на який передаються виміряні дані, застосовується ESP8266WebServer.

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє організувати додатковий серійний порт для зв'язку з іншими пристроями. Для роботи з JSON-даними, які надсилаються на веб-сторінку, використовується ArduinoJson. Крім того, для обробки зависань контролера використовується стандартна бібліотека avr/wdt.h, яка забезпечує роботу watchdog таймера.

Таким чином, код поєднує роботу з сенсорами, вивід інформації на дисплей і передавання даних через Wi-Fi на веб-сервер, забезпечуючи моніторинг кліматичних параметрів: температури та атмосферного тиску.

Даний код написаний в середовищі програми Arduino.IDE, на мові програмування Arduino. Він використовує бібліотеки `Wire.h`, `Adafruit\_BMP085.h` і `LiquidCrystal.h` для взаємодії з різними пристроями та модулями.

Цей код виконує наступні дії:

1. Імпортує необхідні бібліотеки для роботи з датчиком BMP180, LCD-дисплеєм, Wi-Fi модулем та веб-сервером.

2. Ініціалізує об'єкти для дисплея (LiquidCrystal_I2C) та датчика тиску (Adafruit_BMP085).

3. Визначає змінні та константи для збереження і обробки даних про тиск та температуру.

4. У функції `setup` виконується налаштування підключень, ініціалізація дисплея та перевірка датчика тиску.

5. У функції `loop` виконується головний цикл програми: зчитування тиску та температури, обчислення відхилень і середніх значень.

6. Відображає результати на LCD-дисплеї та керує світловою сигналізацією при перевищенні допустимих відхилень.

7. Проводиться циклічний аналіз відхилень тиску за різні проміжки часу, значення зсуваються в масиві `sum_p`.

8. За потреби оброблені дані передаються на веб-сервер для відображення в Інтернеті.

Лістинг коду представлений в Додатку А.

Опис основних частин коду:

1. Підключення бібліотек:

```
```cpp
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

На початку підключаються необхідні бібліотеки: `Adafruit_BMP085` для роботи з барометричним датчиком, `LiquidCrystal_I2C` для керування LCD-дисплеєм і `Wire.h` для комунікації по шині I<sup>2</sup>C між мікроконтролером та периферією.

#### 2. Ініціалізація об'єктів:

```
Adafruit_BMP085 bmp;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

Створюються об'єкти для роботи з датчиком тиску (`bmp`) та LCD-дисплеєм (`lcd`). Адреса дисплея на шині I<sup>2</sup>C `0x27`, а розмір `16` символів у рядку і `2` рядки.

```
int p1, p2;
float sum_p[60], sum_p6_2, sum_t6_2, dif_p1, dif_p3, dif_p10, dif_p2, dif_p4,
dif_p11, mid_p;
float hg_p1, hg_p2;
```

Оголошуються змінні для збереження поточних та накопичених значень тиску, обчислення різниць і середніх значень, а також допоміжних величин для відображення результатів.

#### 4. Підключення до сервера та налаштування Wi-Fi

```
#include <avr/wdt.h>
ESP8266WebServer server(80);
const char* ssid = "Atmospheric pressure monitoring";
const char* password = "123456789";
bool wifiConnected = false;
unsigned char local_ip[] = {192,168,216,199};
unsigned char gateway_ip[] = {192,168,216,1};
unsigned char subnet_mask[] = {255,255,255,0};
```

#### 5. Функція `setup()`:

```
void setup() {
 Serial.begin(9600);
 lcd.begin(16, 2);
 bmp.begin();
 for (int i = 0; i < 60; i++) {
 sum_p[i] = 0;
 }
}
```

У `setup()` налаштовується серійне з'єднання для відладки, ініціалізується дисплей і датчик тиску, а масив `sum_p` заповнюється початковими нульовими значеннями.

#### 6. Головний цикл програми:

```
void loop() {
 // оновлення масиву сум тиску
 // зчитування нового значення тиску
 // обчислення різниць і середніх значень
 // вивід даних на LCD
 delay(3000);
} ````
```

У циклі `loop()` програма послідовно виконує кілька дій. Спочатку відбувається зсув значень масиву `sum_p`, що дозволяє зберігати останні 60 вимірів тиску. Далі зчитується нове значення тиску з датчика, після чого обчислюються різниці між поточними та попередніми значеннями. Потім розраховуються середні значення та здійснюється їх переведення у мм рт. ст. Отримані результати виводяться на дисплей за допомогою функцій `lcd.setCursor()` і `lcd.print()`. Якщо всі відхилення знаходяться в межах норми, на

дисплеї відображається повідомлення ОК. Після цього програма робить паузу на три секунди перед початком наступного циклу.

### **4.3. Розробка програми для веб-сторінки**

Для розробки комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів було використано сучасні веб-технології, які забезпечують ефективне відображення та обробку даних атмосферного тиску та температури.

HTML (HyperText Markup Language) – основа структури веб-сторінки. За допомогою HTML була створена семантична розмітка, яка включає:

- Заголовок системи з інформацією про розробника;
- Блок поточних значень параметрів з візуальною індикацією статусу;
- Табличну структуру для відображення історії вимірювань з полями дати, атмосферного тиску та температури;
- Інформаційну панель з критичними діапазонами значень.

CSS (Cascading Style Sheets) – забезпечує візуальне оформлення та користувацький інтерфейс. За допомогою CSS реалізовано:

- Сучасний градієнтний дизайн у синьо-жовтій кольоровій гамі;
- Адаптивну верстку для коректного відображення на різних пристроях;
- Кольорову індикацію статусів (зелений для норми, жовтий для попередження, червоний для критичних значень);
- Плавні переходи та ефекти наведення для покращення користувацького досвіду;
- Тіні та заокруглення для створення сучасного вигляду картки даних.

JavaScript — забезпечує інтерактивність та динамічне оновлення даних. Функціонал включає:

- Автоматичне оновлення поточної дати та часу кожну хвилину;
- Систему перевірки критичних значень з автоматичною зміною статусу;
- Симуляцію надходження нових вимірювань у режимі реального часу;

– Динамічну зміну кольорової індикації залежно від значень параметрів;

– Обробку подій та взаємодію з елементами інтерфейсу.

JSON (JavaScript Object Notation) – формат для обміну даними між клієнтською та серверною частинами системи. JSON забезпечує:

– Структуроване зберігання даних вимірювань (дата, тиск, температура);

– Легку інтеграцію з вимірювальними пристроями та датчиками

– Швидку передачу інформації через мережу без додаткових плагінів;

– Можливість масштабування системи та додавання нових параметрів.

Така комбінація технологій створює надійну, продуктивну та зручну систему для моніторингу кліматичних параметрів з можливістю роботи в режимі реального часу та візуальним відображенням критичних відхилень від норми. [21]

Код програми для веб-сторінки представлена в Додатку Б.

Скріншоти веб-сторінки роботи системи при різних значеннях: оптимальне, на межі та критичне представлені на рис.4.2-4.4.

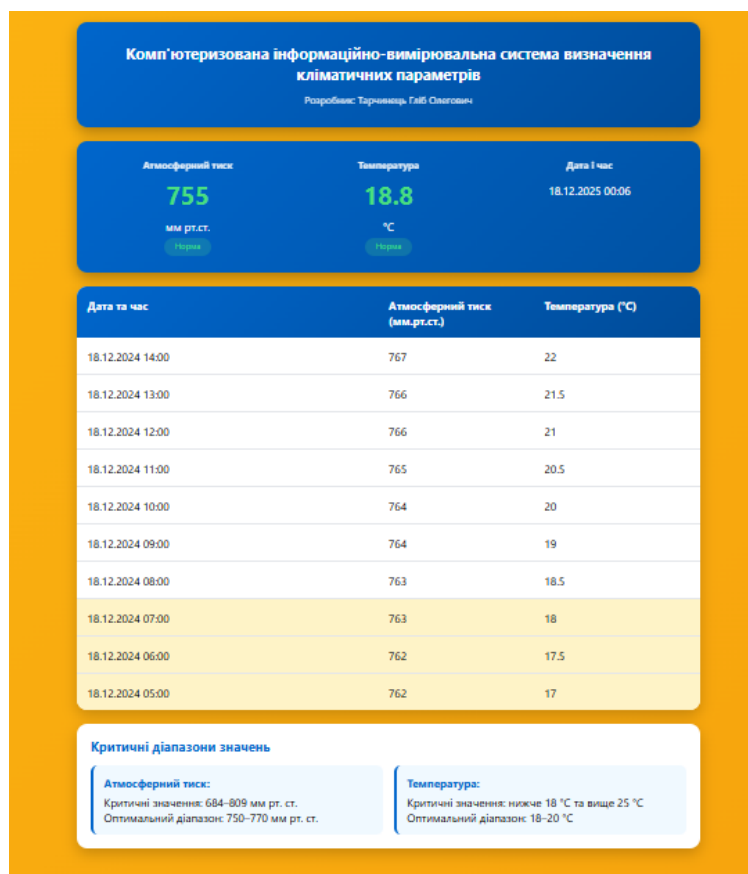


Рис.4.2. Скріншот 1 робочої веб-сторінки при оптимальних значеннях

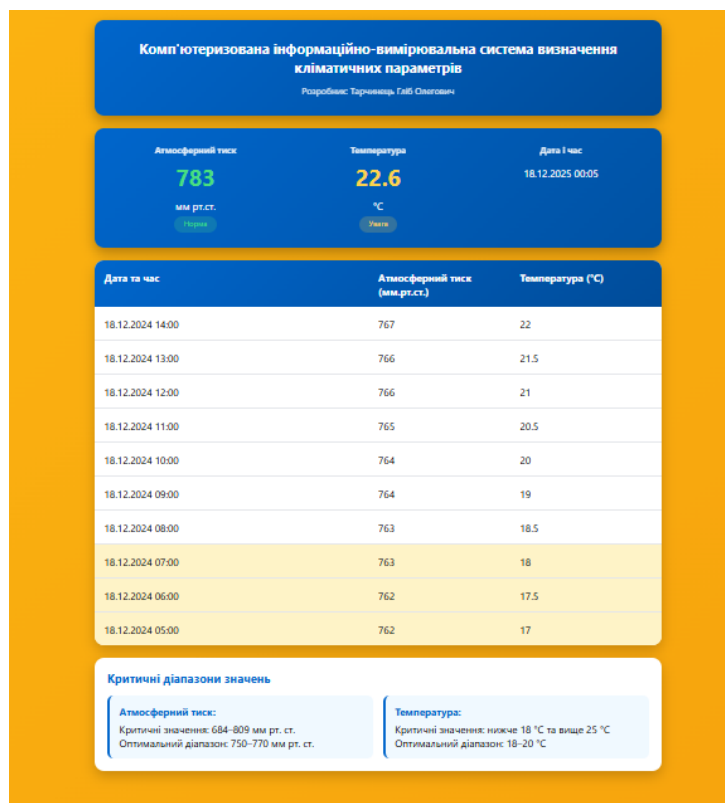


Рис.4.3. Скріншот 2 робочої веб-сторінки при значеннях на межі критичних

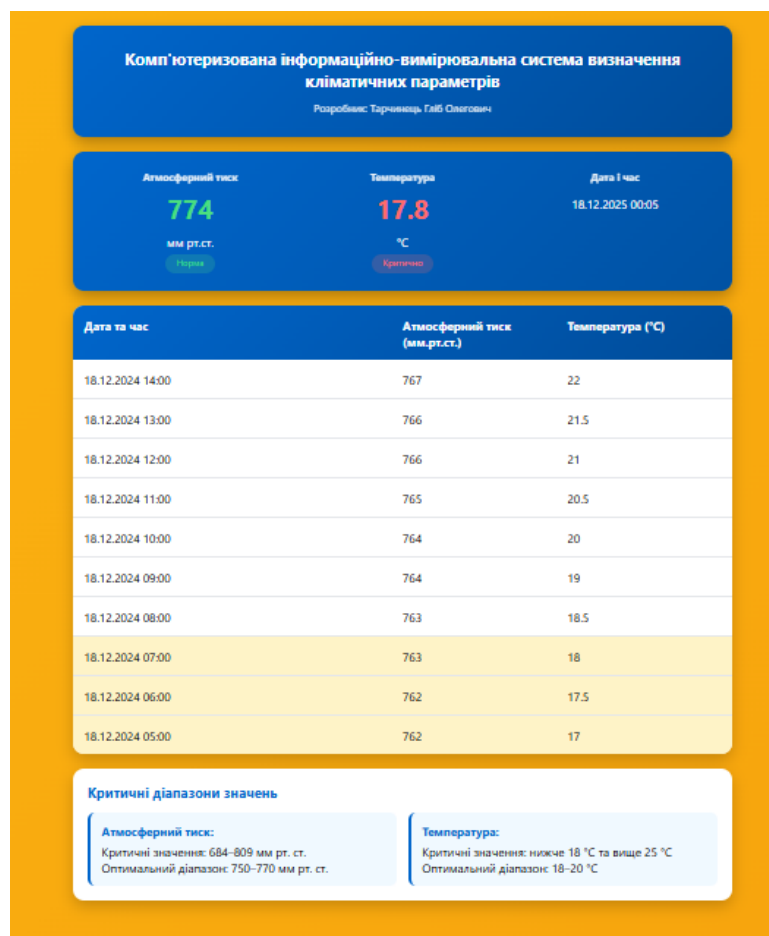


Рис.4.4. Скріншот 3 робочої веб-сторінки при критичних значеннях

На рис.4.2-4.4 відображено інтерфейс програми. Сторінка в вигляді таблиці.

1. Десять послідовних записів з годинним інтервалом упродовж доби (від 05:00 до 14:00).
2. Тенденцію зростання атмосферного тиску (від 762 до 767 мм.рт.ст.).
3. Закономірне збільшення температури впродовж світлового дня (від 17°C до 22°C).
4. Дробові температурні величини для підвищення метрологічної точності.
5. Візуальне виділення записів із граничними показниками (світло-жовте тло) для швидкого розпізнавання проблемних зон.

Принцип кольорового кодування:

- Зелене маркування показники відповідають нормі;
- Жовте маркування сигнал про потенційну небезпеку;
- Червоне маркування фіксація критичного стану.

Така архітектура користувацького інтерфейсу дозволяє швидко оцінювати поточний стан кліматичних умов та вчасно виявляти небезпечні відхилення від встановлених нормативів.

#### **4.4. Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації**

Протягом доби було здійснено систематичне вимірювання атмосферного тиску та температури повітря. Кожну годину проводилась автоматична реєстрація показників за допомогою комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи. Зібрані дані про атмосферний тиск та температуру були систематизовані та представлені в таблиці 4.1 та рис.4.5.

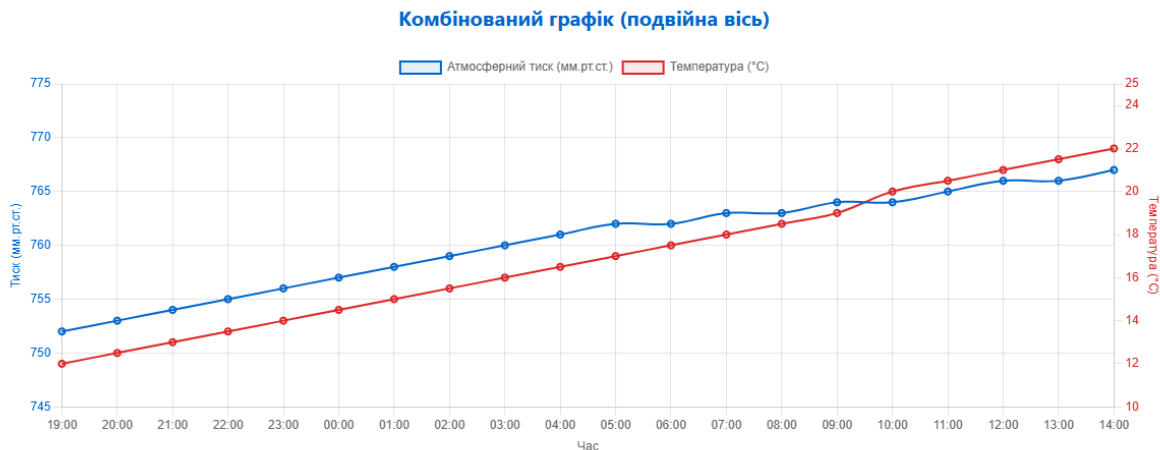


Рис.4.5. Графік розподілу кліматичних параметрів

Таблиця 4.1. Кліматичні показники

№	Дата та час	Атмосферний тиск (мм.рт.ст.)	Температура (°C)
1	18.12.2024 14:00	767	22.0
2	18.12.2024 13:00	766	21.5
3	18.12.2024 12:00	766	21.0
4	18.12.2024 11:00	765	20.5
5	18.12.2024 10:00	764	20.0
6	18.12.2024 09:00	764	19.0
7	18.12.2024 08:00	763	18.5
8	18.12.2024 07:00	763	18.0
9	18.12.2024 06:00	762	17.5
10	18.12.2024 05:00	762	17.0
11	18.12.2024 04:00	761	16.5
12	18.12.2024 03:00	760	16.0
13	18.12.2024 02:00	759	15.5
14	18.12.2024 01:00	758	15.0
15	18.12.2024 00:00	757	14.5
16	17.12.2024 23:00	756	14.0
17	17.12.2024 22:00	755	13.5
18	17.12.2024 21:00	754	13.0
19	17.12.2024 20:00	753	12.5
20	17.12.2024 19:00	752	12.0

Аналіз отриманих даних показує поступове збільшення атмосферного тиску з 752 до 767 мм.рт.ст. протягом доби, що свідчить про стабілізацію погодних умов. Температура повітря демонструє типову добову динаміку з

мінімальним значенням  $12.0^{\circ}\text{C}$  о 19:00 попереднього дня та максимальним  $22.0^{\circ}\text{C}$  о 14:00 поточного дня. Критичні значення температури (нижче  $18^{\circ}\text{C}$ ) зафіксовані в нічний та ранковий періоди з 19:00 до 08:00.

Необхідно здійснити опрацювання отриманих вимірювальних даних. У процесі вимірювань можливе виникнення систематичних помилок та значних відхилень від реальних значень. Для автоматизованого розрахунку необхідно розробити програмне забезпечення, яке реалізує методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації.

З метою ідентифікації та усунення аномальних похибок використовується апарат статистичної перевірки гіпотез. У метрологічній практиці застосовуються статистичні припущення щодо характеру невідомого розподілу або параметрів відомих розподілів.

Зоною прийняття гіпотези (областю допустимих величин) вважається діапазон значень критерію, за яких гіпотеза визнається правильною. Критичною зоною називається сукупність показників критерію, що призводять до відхилення основної гіпотези. Межа між зоною прийняття та критичною областю визначається критичними точками, які відповідають табличним величинам критеріїв.

Основна статистична гіпотеза стверджує приналежність "сумнівного" результату вимірювання до досліджуваної групи спостережень. Формальною ознакою аномальності спостереження (підставою для прийняття альтернативної гіпотези про непридатність "сумнівного" результату) виступає граничне значення, яке відхиляється від центру розподілу на величину  $tS$ .

Отже, граничні похибки визначаються типом розподілу, розміром вибірки та обраним рівнем довірчої ймовірності. Під час аналізу вже отриманих результатів спостережень не рекомендується довільно виключати окремі значення, оскільки це може спричинити штучне покращення точності вимірювань. Вибірка може включати кілька аномальних похибок, тому їх виявлення та виключення необхідно проводити послідовно, по одній.

Усі підходи до усунення аномальних похибок (промахів) класифікуються на два основні типи:

а) підходи виключення за умови відомого генерального середньоквадратичного відхилення;

б) підходи виключення за умови невідомого генерального середньоквадратичного відхилення.

Враховуючи, що в практичних умовах частіше трапляються вимірювання з невідомим СКВ (через обмежену кількість спостережень), надалі розглядаються наступні критерії перевірки сумнівних (з позиції похибок) результатів спостережень:

1)Критерій Ірвіна – для отримання еспериментальних даних визначають коефіцієнт по формулі:

$$u = \frac{(x_{n+1} - x_n)}{S} \quad (4.1)$$

де  $x_{n+1}$ ,  $x_n$  – найбільші значення випадкової величини;  $S$  – середнє квадратичне відхилення, обчислене по всіх значеннях вибірки. Потім цей коефіцієнт порівнюється з табличним значенням  $\lambda_q$ , можливі значення якого наведені в додатку Г (Табл. 1). Якщо  $\lambda > \lambda_q$ , то нульова гіпотеза не підтверджується, тобто результат – помилковий, і він має бути виключений при подальшій обробці результатів спостережень.

2)Критерій Романовського – конкуруюча гіпотеза про наявність грубих похибок в підозрілих результатах підтверджується, якщо виконується нерівність:

$$|x_n - \bar{x}| \geq t_p S \quad (4.2)$$

де  $t_p$  – квантиль розподілу Стюдента при заданій довірчій ймовірності з числом мір свободи  $k = n - k_n$ . Значення квантилів для розподілу Стюдента представлені в додатку А (Табл. 2.). Точкові оцінки розподілу  $x$  і СКВ результатів спостережень обчислюється без урахування  $k_n$  – підозрілих результатів спостережень.

3)Критерій Діксону – заснований на припущенні, що похибки вимірювань мають нормальний закон розподілу (заздалегідь необхідна

побудова гістограми результатів спостережень і перевірка гіпотези про приналежність нормальному закону розподілу). При використанні критерію обчислюють коефіцієнт Діксону (спостережуване значення критерію) для перевірки найбільшого або найменшого екстремального значення залежно від числа вимірювань.

Нульова гіпотеза про відсутність грубої похибки виконується, якщо виконується нерівність  $r < r_q$ . Якщо  $r > r_q$ , то результат визнається грубою похибкою і виключається з подальшої обробки.

Також для обчислень цих критеріїв вибірки потрібно обрахувати середнє арифметичне значення, середнє квадратичне значення, медіану.

Визначення середньо арифметичного значення результатів багатократних вимірювань фізичної величини обраховується за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i \quad (4.3)$$

Визначення середньгеометричного значення результатів багатократних вимірювань фізичної велечини обраховується за формулою:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} \quad (4.4)$$

Визначення значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної велечини, так як масив має парне число значень, формула для знаходження медіани обраховується за формулою:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} \quad (4.5)$$

Відносно оцінки фізичної велечини знаходимо значення незміщеної оцінки дисперсії сукупності спостережених значень. Знаходження дісперсії обраховується за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4.6)$$

Знаходимо незміщену оцінку середньоквадратичного відхилення середнього значення. Знаходження середньоквадратичного відхилення середнього значення обраховується за формулою:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{20}} \quad (4.7)$$

Для обрахунку виміряних значень була створена програма Додаток Г.

Проведемо експеримент з вибіркою в 20 значень та отримаємо відповідні дані табл.4.2.

Вибірка X1:

X1 = [22.0 21.5 21.0 20.5 20.0 19.0 18.5 18.0 17.5 17.0 16.5 16.0  
15.5 15.0 14.5 14.0 13.5 13.0 12.5 12.0];

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 16.875.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 16.597.$$

Значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини опору для вибірки X1:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} = 16.750.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 3.128.

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 0.700.

Висновок: значення не перевищують допустимого діапазону.

Визначаємо закон розподілу результатів вимірювань температури на основі побудови гістограми для вибірки X1 рис.4.6.

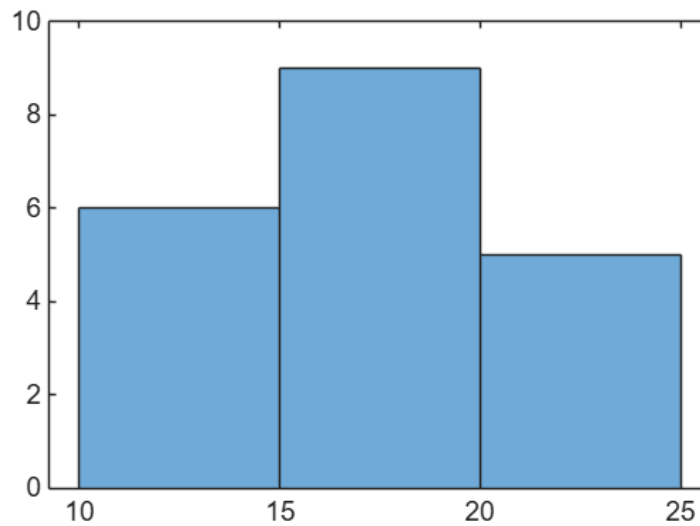


Рис.4.6. Закон розподілу результатів вимірювань температури на основі побудови гістограми для вибірки  $X_1$

Виконуємо перевірку на наявність грубих помилок за критерієм Ірвіна, для цього визначаємо коефіцієнти по формулі (4.1).

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

$N$	$X_1$	Похибка
1	22.0	Відсутня
2	21.5	Відсутня
3	21.0	Відсутня
4	20.5	Відсутня
5	20.0	Відсутня
6	19.0	Відсутня
7	18.5	Відсутня
8	18.0	Відсутня
9	17.5	Відсутня
10	17.0	Відсутня
11	16.5	Відсутня
12	16.0	Відсутня
13	15.5	Відсутня
14	15.0	Відсутня
15	14.5	Відсутня
16	14.0	Відсутня

17	13.5	Відсутня
18	13.0	Відсутня
19	12.5	Відсутня
20	12.0	Відсутня

Як бачимо з результатів обчислення, не виявлено результатів вимірювання, вважаються помилковими, тому всі значення враховуються при подальшій обробці результатів спостережень.

За критерієм Романовського обрахуємо помилки табл.4.3.

Таблиця 4.3. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм

<i>N</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<b>Похибка</b>
1	22.0	Відсутня
2	21.5	Відсутня
3	21.0	Відсутня
4	20.5	Відсутня
5	20.0	Відсутня
6	19.0	Відсутня
7	18.5	Відсутня
8	18.0	Відсутня
9	17.5	Відсутня
10	17.0	Відсутня
11	16.5	Відсутня
12	16.0	Відсутня
13	15.5	Відсутня
14	15.0	Відсутня
15	14.5	Відсутня
16	14.0	Відсутня
17	13.5	Відсутня
18	13.0	Відсутня
19	12.5	Відсутня
20	12.0	Відсутня

За

обрахунками значення грубих помилок не виявлено, тому при подальшій роботі з деякими значеннями за вибіркою не виключається

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 16.875.

Допустимий діапазон: 16.875 +/- 1.217.

### **Висновки до 4 розділу**

У четвертому розділі були розроблені програмні компоненти комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів, включаючи веб-інтерфейс для відображення даних та програму для оцінки метеорологічних характеристик вимірювань.

Для функціонування системи моніторингу було створено веб-сторінку з використанням технологій HTML, CSS та JavaScript. Інтерфейс реалізує автоматичне відображення поточних значень атмосферного тиску та температури повітря з кольоровою індикацією статусу (норма, попередження, критично). Дані представлено у табличному форматі з погодинною фіксацією показників та графічною візуалізацією динаміки змін параметрів. Веб-сторінка забезпечує автоматичне оновлення дати та часу, а також перевірку критичних діапазонів значень у режимі реального часу.

Для експериментального дослідження було відібрано 20 значень температури та атмосферного тиску з погодинним інтервалом вимірювань протягом доби. Для статистичного аналізу експериментальних даних була створена програма обробки результатів вимірювань. У програмі обчислюються основні статистичні показники: середнє арифметичне значення, медіана, середньоквадратичне відхилення, дисперсія.

Значення вибірки оцінені за статистичними критеріями Ірвіна, Романовського та Діксона для виявлення грубих похибок та аномальних відхилень. За результатами статистичної обробки даних грубих помилок вимірювань не виявлено. Усі виміряні значення атмосферного тиску (від 752 до 767 мм.рт.ст.) та температури (від 12.0°C до 22.0°C) відповідають нормальному закону розподілу та знаходяться в межах допустимих відхилень, що підтверджує стабільність та достовірність роботи вимірювальної системи.

## **ВИСНОВКИ**

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему для визначення кліматичних параметрів (атмосферного тиску та температури) з розширеними функціями моніторингу та візуалізації даних.

У першому розділі, присвяченому аналізу аналогів, розглянуто побутові та портативні метеостанції, що відрізняються за функціональними можливостями, точністю, способом індикації та наявністю прогнозних функцій. Проаналізовано механічні барометри, сучасні цифрові метеостанції (Kkmoon, TFA LIFE, Micol) та барометр механічний Baro. Встановлено, що більшість існуючих рішень є комерційними закритими системами з обмеженими можливостями модифікації, розширення та інтеграції у спеціалізовані інформаційно-вимірювальні комплекси.

Проаналізовано існуючі методи вимірювання температури, включаючи термометри розширення, манометричні методи, електричні методи (термометри опору та термопари), а також безконтактні методи на основі теплового випромінювання. Також розглянуто методи вимірювання атмосферного тиску: ртутний барометр, анероїд, цифрові барометри, барограф, гіпсотермометр. Встановлено, що для комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем найбільш доцільними є електронні методи з використанням цифрових датчиків, які забезпечують достатню точність, стабільність показів, швидкодію та можливість інтеграції з мікроконтролерними платформами.

За результатами проведеного аналізу зроблено висновок про доцільність розробки комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення кліматичних параметрів на основі сучасних цифрових сенсорів, мікроконтролерної платформи та бездротових засобів передавання даних.

У другому розділі було детально розглянуто функціональні можливості системи моніторингу кліматичних параметрів. Визначено, що система виконує наступні функції: вимірювання атмосферного тиску та температури, відображення даних на дисплеї, бездротову передачу інформації через Wi-Fi на веб-інтерфейс, світлову індикацію критичних значень, керування увімкненням через кнопку та автономне живлення.

Відповідно до визначених функціональних вимог проведено технічне обґрунтування вибору компонентів структурної схеми з урахуванням їх сумісності з мікроконтролером Atmel. Обрано барометричний датчик BMP180 для вимірювання атмосферного тиску та температури, Wi-Fi модуль ESP8266 (ESP-01) для бездротової передачі даних, дисплей LCD 1602 I2C для візуалізації, світлодіод для сигналізації та акумулятор для живлення. На основі обраних елементів розроблено структурну схему системи.

У третьому розділі детально описані обрані компоненти системи. В якості мікроконтролера використано ATmega328P, що забезпечує керування всіма компонентами системи. Для вимірювання атмосферного тиску та температури застосовано барометричний датчик BMP180, для бездротового зв'язку модуль Wi-Fi ESP-01, для відображення інформації дисплей LCD 1602 I2C, для світлової сигналізації червоний світлодіод, для керування системою тактову кнопку. Живлення забезпечується акумулятором AA 2300 мА·год, 4,8 В Ni-MH. На основі цих компонентів розроблено принципову електричну схему та друковану плату системи.

У четвертому розділі розроблено програмні компоненти системи, включаючи програму для мікроконтролера, веб-інтерфейс та програму статистичної обробки результатів вимірювань. Створено алгоритм роботи системи, згідно з яким кожні 6 секунд вимірюються атмосферний тиск та температура повітря, дані виводяться на дисплей і передаються по Wi-Fi на веб-сторінку.

Для функціонування системи моніторингу розроблено веб-сторінку з використанням технологій HTML, CSS та JavaScript. Інтерфейс реалізує автоматичне відображення поточних значень з кольоровою індикацією статусу (норма, попередження, критично). Дані представлено у табличному форматі з погодинною фіксацією показників та графічною візуалізацією динаміки змін параметрів.

Для експериментального дослідження відібрано 20 значень температури та атмосферного тиску з погодинним інтервалом протягом доби. Створено програму статистичної обробки результатів, яка обчислює середнє арифметичне значення, медіану, середньоквадратичне відхилення та дисперсію. Значення вибірки оцінені за статистичними критеріями Ірвіна, Романовського та Діксона для виявлення грубих похибок. За результатами статистичної обробки грубих помилок вимірювань не виявлено. Усі виміряні значення атмосферного тиску (від 752 до 767 мм.рт.ст.) та температури (від 12.0°C до 22.0°C) відповідають нормальному закону розподілу та знаходяться в межах допустимих відхилень, що підтверджує стабільність та достовірність роботи розробленої вимірювальної системи.

Таким чином, розроблена комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система визначення кліматичних параметрів забезпечує автоматизований збір, обробку, візуалізацію та дистанційний моніторинг атмосферного тиску і температури з можливістю індикації критичних значень у режимі реального часу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Метеостанція портативна Sunroad FR500 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bt.rozetka.com.ua/ua/235166179/p235166179>.
2. Побутовий термометр гігрометр, барометр 3в1 золотистий OOTDTY [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://1000melo4ej.com.ua/ua/p1696586291-bytovoj-termometr-gigrometr.html>.
3. Метеостанція Weather Station [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gismo.com.ua/uk/product/meteostanciya-cifrova-s-funkciej-prognoza-pogody-weather-station-ws-19919>.
4. Метеостанція Newentor FJ3383B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hotstyle.com.ua/ua/p1648885711-meteostantsiya-besprovodnaya-barometrom.html>.
5. Атмосферний тиск: Методичні вказівки до лабораторних робіт з метеорології / Укл. О. В. Моргоч. Чернівці: Рута, 2003. 24 с.
6. Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія: Навчальний посібник. – К. 2007. 265с.
7. Луцик Я.Т. Вимірювання температури: теорія та практика / Я.Т. Луцик, О.П. Гук, О.І. Лах, Б.І. Стадник. – Львів : Вид-во "Бескид Біт", 2006. – 560 с.
8. Програмування мікроконтролерів AVR: [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
9. Кемерон Н. Електронні проекти на основі ESP8266 та ESP32: створення веб-сторінок, програм та пристроїв з підтримкою Wi-Fi / Ніл Кемерон., 2022. – 458 с.
10. Huang, Y., Fan, X., Chen, S.C. та Zhao, N. (2019), «Нові технології гнучких датчиків тиску: матеріали, моделювання, пристрої та виробництво»,

11. Принцип роботи LCD дисплея [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://vmtehnika.com.ua/ru/blog/lcd-displeyi-riznovidiv-bagato-princip-diyi-odin>.

12. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи: [монографія] / З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко; ред.: В. Сорокін; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, Нац. ун-т «Львів. політехніка», НАМН України, Ін-т медицини праці. – Київ: Авіцена, 2016. – 334, [1] с.

13. Типи акумуляторних батарей: повний огляд [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/10591.html>.

14. ATmega328P [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega328P>.

15. Datasheet ATmega328P [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.hwlibre.com/atmega328p>.

16. Wi-Fi-модуль ESP-01 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://kosmodrom.ua/ru/otladochnaya-plata/robotdyn-esp8266-esp-01.html>.

17. Барометричний датчик BMP180 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=BMP180>.

18. LCD 1602 I2C [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://greenchip.com.ua/0-0-1072-0.html>.

19. Тактова кнопка ТАСТ 6х6-8.5 2-pin [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/knopka-taktova-tact-6x6-8.5-2-pin>.

20. Червоного світлодіод [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p2122307233-svetodiod-vyvodnoj-krasnyj.html>.

21. Акумулятор 2300мАч 4.8В Ni-Mh [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/521773839/p521773839>.

22. JSON: The Fat-Free Alternative to XML [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.scribd.com/presentation/246250673/Json-the-Fatfree-Alternative-to-Xml4594>.