

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

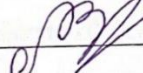
на тему:

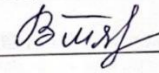
«Моніторингова станція з дистанційним доступом»

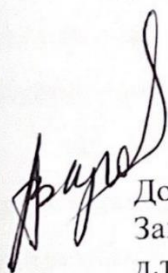
08-54.БКР.033.00.000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, групи 2КІ-21Б
спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія»
освітня програма — «Комп'ютерна інженерія»

 Чаповський В.Ю.
Керівник к.т.н., доц. каф. ОТ

 Крупельницький Л.В.
Рецензент к.т.н., доц. каф. МБІС

 Войтко В.В.

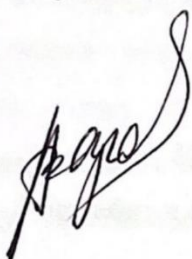


Допущено до захисту
Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О. Д.

«16» червня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки
Освітньо—кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузь знань — 12 Інформаційні технології
Спеціальність — 123 Комп'ютерна інженерія
Освітня програма — Комп'ютерна інженерія



ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О. Д.
“ ” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Чаповському Володимирі Юрійовичу

1. Тема роботи: Моніторингова станція з дистанційним доступом, керівник роботи Крупельницький Л.В., к.т.н., доцент кафедри ОТ, затверджено наказом вищого навчального закладу від «20» березня 2025 року №97.
2. Строк подання студентом роботи 10.06.2025
3. Вихідні дані до роботи: аналіз аналогів, опис сенсорних модулів для моніторингової станції, вибір мікроконтролера, опис принципу дії цифрових та аналогових датчиків, схеми підключення, приклади програмного коду, опис використаного програмного забезпечення.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: вступ; аналіз існуючих прототипів та визначення вимог до створюваної системи; обґрунтування структури та принципів роботи системи; розробка й тестування апаратно-програмної системи; висновки.
5. Перелік графічного матеріалу: схема підключення компонентів мікропроцесорної системи, блок-схема обробки сигналів.
6. Консультанти розділів роботи приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 — Консультанти роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	к.т.н., доц. каф. ОТ Крупельницький Л.В.	21.03.25	13.05.20
Нормоконтроль	ас. каф. ОТ Швець С. І.	14.05.2025	30.05.20

7. Дата видачі завдання 21.03.2025 р.

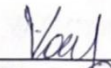
8. Календарний план приведений в таблиці 2.

Таблиця 2 — Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Постановка задачі роботи	21.03.25	Виконано
2	Пошук матеріалів та інформаційних джерел	21.03.25— 30.03.25	Виконано
3	Аналіз існуючих прототипів та визначення вимог до створюваної системи	21.03.25— 30.03.25	Виконано
4	Обґрунтування структури та принципів роботи системи	31.03.25— 13.04.25	Виконано
5	Розробка й тестування апаратно-програмної системи	14.04.25— 20.05.25	Виконано
7	Попередній захист БДР, рецензування БДР	20.05.25— 09.06.25	Виконано
8	Захист БДР	10.06.25	Виконано

Студент

Керівник роботи




Чаповський В.Ю.

Крупельницький Л.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.3

Чаповський В. Ю. Моніторингова станція з дистанційним доступом. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», освітня програма «Комп'ютерна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2025. 61 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 20 назв; рис.: 23; табл. 2.

В роботі спроектовано мікропроцесорну моніторингову станцію, її електричну та структурну схему. В проекті проведено розрахунки основних елементів електричної принципової схеми.

У роботі описано особливості взаємодії різноманітних сенсорів із мікропроцесорним пристроєм, що виконує функції збору інформації та передачі через Bluetooth-модуль HC-06, а також представлено результати отриманих даних.

Ключові слова: моніторинг, мікроконтролер, сенсор, датчик, arduino.

ABSTRACT

Chapovsky V. Y. Monitoring station with remote access. Bachelor's qualification work in specialty 123 "Computer Engineering," educational program "Computer Engineering." Vinnitsa: VNTU, 2025. 61 p.

In Ukrainian. Bibliogram.: 20 titles; Figure: 23; Table 2.

The microprocessor monitoring station, its electrical and structural circuit are designed in the work. The project carries out calculations of the main elements of the electrical circuit diagram.

The article describes the features of interaction of various sensors with a microprocessor device that performs the functions of collecting information and transmitting via the Bluetooth-module of the HC-06, and also presents the results of the obtained data.

Keywords: monitoring, microcontroller, sensor, sensor, arduino.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	12
1.1 Вплив температури та вологості повітря на організм людини.	19
1.2 Атмосферний тиск: вплив на самопочуття людини.	7
1.3 Вуглекислий газ (CO ₂) як показник якості повітря у приміщеннях.	9
1.4 Область застосування.	11
1.5 Порівняльний аналіз аналогів.....	12
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ	18
2.1 Вибір сенсорів пристрою.....	18
2.2 Вибір мікропроцесорного пристрою.....	21
2.3 Вибір програмного середовища.....	24
2.4 Вибір метода дистанційного доступу.....	26
2.5 Розробка структурної схеми.....	28
3 РОЗРОБКА СХЕМИ ТА ПЗ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ.....	31
3.1 Опрацювання даних та інтерфейс сенсора DHT22.....	31
3.2 Підключення і знімання сигналів сенсора АНТ20+ВМР280.....	33
3.3 Підключення і знімання сигналів сенсора МН-Z19В.....	35
3.4 Передача даних через Bluetooth-модуль HC-06.....	37
3.5 Виведення даних на дисплей LCD I2C 2004	39
3.6 Структура основної програми.....	40
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ	43
4.1 Методика перевірки працездатності системи.	43
4.2 Результати експериментального тестування.....	44
4.3 Аналіз точності та стабільності сенсорів.....	48
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
ДОДАТОК А Технічне завдання	55
ДОДАТОК Б Протокол перевірки навчальної (кваліфікаційної) роботи.....	60

ДОДАТОК В Графічна частина	61
ДОДАТОК Г Ілюстративна частина.....	63
ДОДАТОК Д Лістинг програмного забезпечення	65

ВСТУП

У сучасному світі, де технологічний прогрес невинно прискорюється, моніторинг різноманітних параметрів навколишнього середовища та виробничих процесів набуває критичного значення. Ефективний збір, обробка та аналіз даних є необхідною умовою для прийняття обґрунтованих рішень, прогнозування потенційних проблем та оптимізації функціонування складних систем. У цьому контексті розробка інтелектуальних систем моніторингу з можливістю дистанційного доступу є актуальною та має значний науково-практичний інтерес.

Актуальність цієї дипломної роботи зумовлена зростаючою потребою у доступних, гнучких та ефективних рішеннях для моніторингу різноманітних фізичних величин. Традиційні системи моніторингу часто є складними, дорогими та вимагають значних зусиль для розгортання та обслуговування. Розвиток мікроконтролерних технологій, зокрема платформи Arduino Uno, та широкий вибір доступних і точних датчиків, відкривають нові можливості для створення простих у використанні та водночас функціональних моніторингових станцій.

Об'єкт дослідження — Інтелектуальні мікропроцесорні системи моніторингу навколишнього середовища.

Предмет дослідження — Архітектура, алгоритми роботи та функціональні можливості моніторингової станції на базі Arduino Uno з багатосенсорним комплексом.

Метою цієї бакалаврської кваліфікаційної роботи є розширення функціональності показників навколишнього середовища шляхом розробки та дослідження моніторингової станції з дистанційним доступом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання** дослідження:

- провести огляд існуючих рішень у сфері моніторингових систем та визначити їхні переваги та недоліки;
- обрати оптимальний набір датчиків для вимірювання заданих параметрів;
- розробити апаратну частину моніторингової станції на базі Arduino Uno

та обраних датчиків;

— розробити програмне забезпечення для збору, обробки та передачі даних з датчиків;

— реалізувати можливість дистанційного доступу до даних моніторингової станції;

— провести тестування розробленої моніторингової станції та оцінити її функціональність і точність.

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Вплив температури та вологості повітря на організм людини.

Температура та вологість повітря є ключовими параметрами мікроклімату, які безпосередньо впливають на фізіологічний стан людини, її самопочуття, працездатність і навіть здоров'я. Порушення балансу між цими двома показниками може спричинити як короткотривалий дискомфорт, так і серйозні проблеми, особливо у вразливих категорій населення — дітей, літніх людей, людей з хронічними захворюваннями.

Оптимальна температура повітря для комфортного перебування в приміщенні зазвичай коливається в межах від +20 до +24 °C. При відхиленні від цього діапазону організм змушений витратити додаткові ресурси на терморегуляцію. При надмірно високій температурі (понад +28 °C) виникає перегрів організму, що призводить до зниження працездатності, підвищення потовиділення, зневоднення та теплового стресу. У спекотних умовах з високою вологістю теплообмін ускладнюється, адже піт не встигає випаровуватись з поверхні тіла, і це може спричинити перегрів. З іншого боку, при низькій температурі повітря виникає ризик переохолодження, порушення роботи серцево-судинної та імунної систем.

Вологість повітря є не менш важливим показником. Вона визначає, скільки водяної пари знаходиться у повітрі відносно максимально можливої кількості при заданій температурі. Нормальний діапазон відносної вологості становить 40–60%. Якщо вологість падає нижче цього рівня, повітря стає сухим, що викликає пересихання слизових оболонок носа та горла, подразнення очей, підвищену вразливість до вірусних інфекцій. У тривалому періоді низька вологість може призводити до загального зниження імунітету. Надмірна вологість, навпаки, створює сприятливе середовище для розвитку плісняви, грибків, бактерій і алергенів, а також ускладнює тепловіддачу через шкіру, що посилює вплив високої температури.

Особливо важливою є коректна взаємодія цих двох факторів — температури та вологості. Саме в їхньому поєднанні формується реальне суб'єктивне відчуття комфорту, яке не завжди відповідає показникам поодиночі. Наприклад, температура

+26 °C при вологості 50% сприймається набагато краще, ніж +24 °C при вологості 80%. Для об'єктивної оцінки таких умов використовуються поняття "температури комфорту" або "відчутної температури", яка враховує обидва ці параметри.

У сучасних умовах, коли значну частину часу люди проводять у закритих приміщеннях, контроль температури та вологості набуває особливого значення. Системи вентиляції, опалення та кондиціонування часто не здатні автоматично адаптуватися до змін у мікрокліматі, тому виникає необхідність у постійному моніторингу параметрів середовища. Це дає змогу вчасно виявити відхилення від комфортних або безпечних меж та вжити заходів для їх корекції.

Таким чином, точний контроль температури і вологості є не лише питанням зручності, а й важливим чинником підтримки здоров'я та загального благополуччя людини. Саме тому у складі мікропроцесорної моніторингової станції передбачено відповідні сенсори, які дозволяють вимірювати ці параметри з достатньою точністю у реальному часі.

1.2 Вплив температури та вологості повітря на організм людини.

Атмосферний тиск є важливою фізичною характеристикою повітряного середовища, яка безпосередньо впливає не лише на погодні умови, а й на фізіологічний стан людини. Незважаючи на те, що ми не відчуваємо тиск повітря безпосередньо, наш організм постійно адаптується до його змін. Коливання атмосферного тиску можуть мати як прямий, так і опосередкований вплив на самопочуття, особливо у метеочутливих людей.

У звичайних умовах рівень атмосферного тиску на рівні моря становить приблизно 1013 гПа. У межах цієї величини коливання протягом доби можуть бути незначними, і більшість здорових людей не помічає жодних змін. Однак при різких перепадах тиску, які часто супроводжують зміну погоди, організм змушений швидко адаптуватися до зміненої зовнішньої сили, що може спричинити неприємні відчуття. Найчастіше вони проявляються у вигляді головного болю, запаморочення, зниження концентрації, підвищеної втомлюваності та коливань артеріального тиску. Люди з хронічними захворюваннями серцево-судинної, дихальної або нервової

системи особливо чутливо реагують на такі зміни.

Зниження атмосферного тиску, як правило, спостерігається перед циклоном, тобто перед погіршенням погоди. У цей період організм може відчувати нестачу кисню, оскільки при меншому зовнішньому тиску газообмін у легенях дещо ускладнюється. Внаслідок цього зменшується насичення крові киснем, що може викликати гіпоксичні стани, особливо у людей з астмою, анемією або іншими патологіями дихання. Підвищення тиску, характерне для антициклонів, також не завжди сприймається як сприятливе: деякі люди в таких умовах можуть страждати від безсоння, нервозності, або змін серцевого ритму.

Особливу увагу атмосферному тиску слід приділяти у закритих або герметичних середовищах, де він може відхилятися від зовнішнього природного фону. Наприклад, у лабораторіях, теплицях або герметичних приміщеннях контроль тиску дозволяє уникнути надмірного перепаду між внутрішнім і зовнішнім середовищем, що важливо як для комфорту, так і для безпеки. Окрім впливу на самопочуття, тиск також має значення для фізичних процесів — він впливає на температуру кипіння рідин, швидкість випаровування, роботу деяких приладів і навіть точність вимірювання газових об'ємів. Такі розрахунки є основою для створення алгоритмів у системах розумного клімату, де автоматичне регулювання вентиляції або зволоження повітря здійснюється не за окремими показниками, а з урахуванням їх комплексного впливу на самопочуття людини.

Систематичне вимірювання атмосферного тиску в межах моніторингової станції дозволяє не лише оцінювати його миттєве значення, але й спостерігати тенденції зміни — підвищення або зниження — що може бути корисним для прогнозу погоди або попередження про несприятливі кліматичні умови. У комплексі з вимірюванням температури та вологості це дає повну картину мікроклімату приміщення або навколишнього середовища, що важливо для підтримки комфортних і безпечних умов для людини.

Таким чином, атмосферний тиск, хоча і не відчувається безпосередньо, має глибокий вплив на організм людини. Його контроль у складі системи моніторингу мікроклімату є доцільним і необхідним елементом для забезпечення стабільного

самопочуття, особливо у середовищах, де навіть незначні зміни можуть мати суттєве значення.

1.3 Вуглекислий газ (CO₂) як показник якості повітря у приміщеннях.

Вуглекислий газ (CO₂) є природним компонентом атмосфери, який утворюється в результаті дихання людини, тварин, процесів горіння та різних хімічних реакцій. У відкритому середовищі концентрація CO₂ зазвичай становить приблизно 400 ppm (частин на мільйон), що не має жодного негативного впливу на людину. Проте у закритих приміщеннях за відсутності належної вентиляції рівень CO₂ може стрімко зростати, що безпосередньо впливає на якість повітря, самопочуття людей і загальний комфорт перебування в середовищі.

У нормальних умовах організм людини не реагує на незначні коливання вмісту вуглекислого газу. Однак, коли його концентрація перевищує рівень у 1000 ppm, виникають перші ознаки погіршення якості повітря: втома, сонливість, головний біль, зниження концентрації уваги. Це пояснюється тим, що підвищення CO₂ у повітрі зменшує ефективність дихання — організм погано насичується киснем, виникає стан, схожий на легку гіпоксію. При ще вищих концентраціях — понад 2000–2500 ppm — дискомфорт відчувається більш виразно, а в крайніх випадках може виникнути задишка, запаморочення та загальна слабкість. Таблиця значення вмісту CO₂ та вплив на людину зображено на рисунку 1.1

Особливо актуальним моніторинг CO₂ стає у навчальних закладах, офісах, конференц-залах, класах та інших приміщеннях із великою кількістю людей на обмеженій площі. У таких умовах навіть за наявності стандартної вентиляційної системи рівень вуглекислого газу може зростати до критичних значень уже за 30–60 хвилин. Люди починають втрачати продуктивність, знижується здатність до навчання чи виконання розумової роботи. Водночас, у побуті CO₂ також може накопичуватись у спальнях, особливо зачинених, під час нічного сну, впливаючи на якість відпочинку і загальний тонус організму.

Контроль концентрації CO₂ у повітрі є одним із найпростіших і водночас найточніших індикаторів ефективності вентиляції. Якщо рівень цього газу постійно

перевищує нормативні значення, це означає, що повітрообмін у приміщенні є недостатнім і вимагає корекції. Установлення датчика CO₂ дозволяє своєчасно реагувати на зміни мікроклімату, відкривати вікна або вмикати механічну вентиляцію, забезпечуючи притік свіжого повітря.

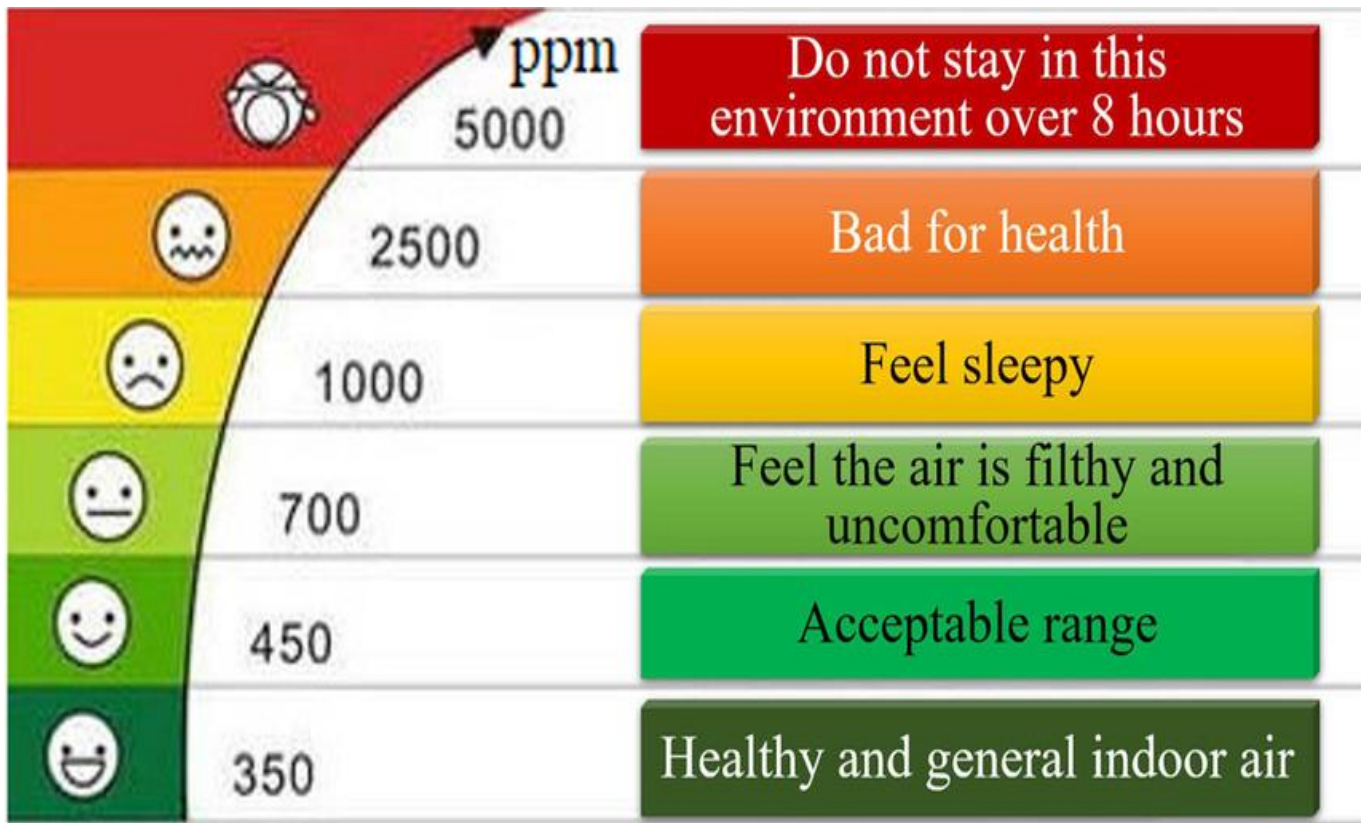


Рисунок 1.1 — Таблиця значення вмісту CO₂ та вплив на людину

У рамках створення мікропроцесорної моніторингової станції вимірювання рівня вуглекислого газу реалізовано за допомогою інфрачервоного сенсора MH-Z19B, який дозволяє з високою точністю оцінити концентрацію CO₂ у режимі реального часу. Отримані дані використовуються для виводу на дисплей або передачі на мобільний пристрій, що дає змогу користувачеві оперативно реагувати на зміни якості повітря у приміщенні.

Таким чином, CO₂ є надійним показником гігієнічного стану повітряного середовища. Його моніторинг дозволяє вчасно виявляти проблеми вентиляції, підтримувати оптимальні умови для життя та роботи, а також запобігати негативному впливу на здоров'я людини, підвищуючи загальний рівень комфорту і безпеки в закритих просторах.

1.4 Область застосування.

Моніторингова станція з дистанційним доступом має широкий спектр застосування, який охоплює як побутову сферу, так і професійні галузі. У домашньому використанні такі станції дозволяють власникам контролювати мікроклімат у квартирах, приватних будинках, підвалах, оранжереях, теплицях, зимових садах та на балконах. Застосування моніторингових станцій у теплицях допомагає оптимізувати умови вирощування рослин, знижуючи ризики грибкових захворювань, пересушування або перегріву рослинних культур.

В аграрному секторі подібні пристрої використовуються для моніторингу мікроклімату відкритих та закритих ґрунтів, що дозволяє агрономам оперативно реагувати на зміни погодних умов і застосовувати точкові заходи для підвищення врожайності. В фермерських господарствах станції допомагають підтримувати оптимальні умови для зберігання сільськогосподарської продукції, де критичними є показники вологості та температури.

У сфері екологічного моніторингу пристрої слугують для оперативного контролю якості повітря, особливо у промислових зонах та містах із високим рівнем забруднення. Такі системи дозволяють відслідковувати динаміку концентрації вуглекислого газу, що є важливим показником якості повітря та провісником негативних змін у навколишньому середовищі.

В освітніх установах, зокрема у технічних навчальних закладах, проектування та використання подібних станцій дозволяє студентам на практиці закріплювати знання з фізики, електроніки, програмування та мережевих технологій. У науково-дослідних інститутах пристрої застосовуються для збирання експериментальних даних у реальному часі.

1.5 Порівняльний аналіз аналогів.

Серед аналогів можна виділити кілька категорій пристроїв. Першою є побутові метеостанції відомих виробників, таких як TFA (рисунок 1.2), Bresser (рисунок 1.3), Oregon Scientific (рисунок 1.4), Xiaomi Mi Home (рисунок 1.5). Вони забезпечують вимірювання температури, вологості та атмосферного тиску, мають

бездротові зовнішні датчики та можуть синхронізуватись зі смартфонами. Однак їх функціонал обмежений стандартними показниками, а можливість інтеграції нових сенсорів або підключення до власних серверів – відсутня.

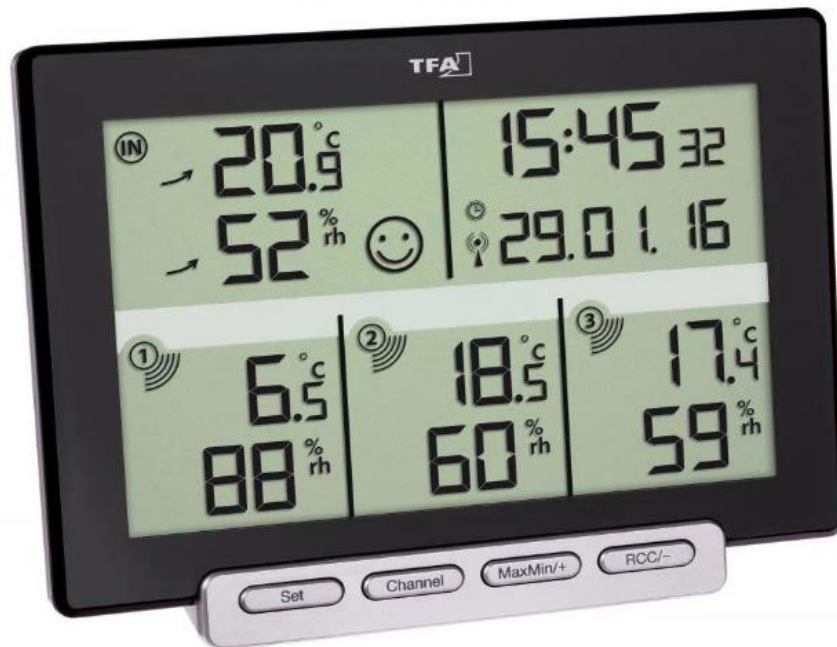


Рисунок 1.2 — Моніторингова станція TFA



Рисунок 1.3 — Моніторингова станція Bresser

Більшість моделей цієї категорії орієнтовані на пересічного користувача, тому мають закриту архітектуру та обмежені налаштування. Наприклад, метеостанції Хіаомі інтегруються лише з екосистемою Мі Номе, а пристрої від TFA або Bresser переважно підтримують локальний дисплей або передачу даних на обмежений

радіус базової станції без подальшого опрацювання. Оновлення прошивки або налаштування форматів виводу даних практично неможливі без використання виробничих інструментів.



Рисунок 1.4 — Моніторингові станції Oregon Scientific



Рисунок 1.5 — Моніторингова станція Xiaomi Mi Home

Крім того, практично жодна з цих метеостанцій не підтримує вимірювання вмісту CO₂ — одного з ключових показників якості повітря в приміщеннях. Такий параметр є критично важливим для контролю мікроклімату в умовах закритого середовища, особливо у класах, спальнях або офісах, де перебуває багато людей. Це

обмеження суттєво звужує сферу використання побутових пристроїв у порівнянні з розширюваними мікропроцесорними рішеннями.

Таким чином, хоча побутові метеостанції і відзначаються зручністю, доступністю та привабливим дизайном, їхня функціональність зазвичай є фіксованою, що не дозволяє користувачам адаптувати або розширювати систему під власні потреби. У цьому контексті запропонована в даній роботі система має перевагу відкритості, гнучкості та технічної модернізації.

Другою категорією є напівпрофесійні метеостанції, які вже дозволяють зчитувати більшу кількість параметрів, включаючи швидкість і напрямок вітру, рівень опадів, ультрафіолетове випромінювання тощо. Прикладами є Davis Vantage Pro2, Netatmo Weather Station (рис 1.6). Ці пристрої мають значно вищу вартість, хоча і забезпечують кращу точність та стабільність вимірювань.



Рисунок 1.6 — Моніторингові станції Davis Vantage Pro2 та Netatmo Weather Station

Третю категорію складають професійні екологічні комплекси від компаній Vaisala, Campbell Scientific, Gill Instruments. Вони орієнтовані на наукові дослідження та промислове використання. Такі станції дозволяють зчитувати десятки параметрів навколишнього середовища, мають захищені корпуси для

роботи у важких кліматичних умовах, підтримують підключення через промислові інтерфейси (RS-485, Modbus) та інтеграцію у SCADA-системи. Їхня ціна є суттєвою перешкодою для аматорського застосування.

Окремо варто відзначити проекти на базі Arduino та ESP32, які активно розробляються спільнотами ентузіастів (рис. 1.7). Такі рішення пропонують значну гнучкість у виборі сенсорів та методів передачі даних (Wi-Fi, LoRa, GSM). Найпопулярнішими сенсорами є DHT22, BME280, MH-Z19B, аналогічні до тих, що застосовуються у даній роботі. Основними перевагами цих рішень є низька вартість компонентів, відкритий вихідний код, можливість кастомізації під конкретні потреби користувача.



Рисунок 1.7 — Моніторингова станція ентузіаста на базі STM32

Переглядаючи попередні зразки, ми можемо дійти до висновку, що наша нова розробка не дуже поступається уже давно представленим товарам, а навіть дещо краща. Вона має дуже вагомий особливості: комп'ютерний інтерфейс. Ми можемо з легкістю зв'язатися через технологію Bluetooth з будь-яким пристроєм і надати користувачу потрібну інформацію. Це дуже полегшує роботу з пристроєм. Щоб дізнатися потрібну інформацію достатньо бути у зоні дії Bluetooth та мати певне програмне забезпечення. Детальніше з порівнянням характеристик використовуваних зразків можна ознайомитись в Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння основних характеристик з існуючими аналогами

Параметр/модель	Моніторингова станція (Arduino Uno)	TFA Dostman n	Vresser Weather Station	Oregon Scientific BAR208HG	Xiaomi Temperature Monitor
Температура	DHT22 / АНТ20 / BMP280	Так	Так	Так	Так
Вологість	DHT22 / АНТ20	Так	Так	Так	Так
Атмосферний тиск	BMP280	Так (барометр + графік)	Так	Так	Відсутній
CO ₂ (вуглекислий газ)	MH-Z19B (NDIR)	Відсутній	Відсутній	Відсутній	Відсутній
Дисплей	LCD 2004 I ² C	LCD	LCD	LCD	E-ink
Передача даних на телефон	Bluetooth HC-06	Залежить від моделі (іноді немає)	Немає	Немає	Так (Bluetooth, Mi Home)
Пам'ять / архів даних	Може бути реалізовано вручну	Обмежена	Залежить від моделі	Так (метеоісторія)	Ні
Можливість розширення	Висока (I ² C, UART, нові сенсори)	Ні	Ні	Ні	Ні
Відкритий код / гнучкість	Так	Ні	Ні	Ні	Ні
Орієнтовна вартість	~25–35 USD	~40–70 USD	~30–60 USD	~80–120 USD	~20–30 USD
Призначення	Освітнє, побутове, дослідницьке	Побутове	Побутове	Побутове / напівпрофесійне	Побутове / Smart Home

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

2.1 Вибір сенсорів пристрою.

Підбір сенсорів для моніторингової станції є критичним етапом розробки, оскільки саме від їхніх характеристик залежать точність, стабільність та загальна ефективність роботи системи. У межах даного проекту було обрано чотири основні сенсори, кожен з яких виконує свою функціональну задачу: вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску та концентрації CO₂ у повітрі.

Сенсор температури та вологості DHT22 (рис. 2.1) є одним із найпоширеніших рішень для аматорських та напівпрофесійних проектів. Його основними перевагами є простота підключення (1-Wire інтерфейс), достатня точність ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ для температури та $\pm 2\text{--}5\%$ RH для вологості) та невисока вартість. Важливою особливістю DHT22 є стабільна робота при температурному діапазоні від -40 до $+80^{\circ}\text{C}$, що дозволяє використовувати його як для внутрішніх, так і для зовнішніх установок. Недоліком сенсора є відносно низька швидкість опитування (не частіше 2 секунд), що, однак, є прийнятним для завдань моніторингу.



Рисунок 2.1 — Цифровий сенсор температури та вологості DHT22

Сенсор АНТ20 був обраний як альтернатива та доповнення до DHT22 завдяки своїй високій точності ($\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ для температури, $\pm 2\%$ RH для вологості) та

використанню I²C-інтерфейсу, що дозволяє підключати кілька пристроїв до однієї шини. АНТ20 має компактні габарити та мале енергоспоживання, що робить його особливо зручним для вбудованих рішень та мобільних пристроїв. Завдяки цифровому виходу АНТ20 менш чутливий до впливу довгих ліній передачі сигналу, на відміну від аналогових сенсорів.

Барометричний сенсор BMP280 обрано для вимірювання атмосферного тиску, а також як додатковий канал для вимірювання температури. Пристрій підтримує два типи інтерфейсів — I²C та SPI, що забезпечує гнучкість у підключенні до мікроконтролера. BMP280 вирізняється високою точністю (0.12 hPa для тиску) та низьким енергоспоживанням, що робить його придатним для автономних систем. Використання цього сенсора дозволяє з високою точністю відстежувати зміни атмосферного тиску, що важливо для прогнозування погоди та аналізу кліматичних змін. Комбінований сенсор АНТ20+BMP зображено на рисунку 2.2

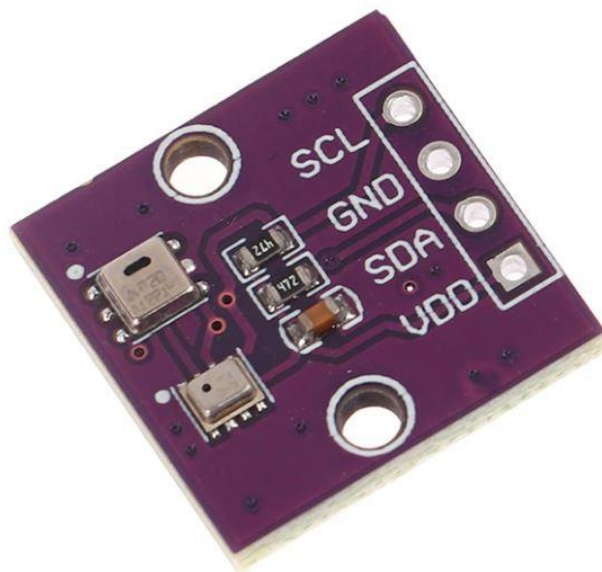


Рисунок 2.2 — Сумісні сенсори АНТ20 та BMP280

Особливу роль у проєкті відіграє сенсор МН-Z19В (рис. 2.3), який здійснює вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO₂) у повітрі. Це інфрачервоний газоаналізатор з діапазоном вимірювання від 0 до 5000 ppm, що працює за принципом недисперсійної інфрачервоної спектроскопії (NDIR). Сенсор має два

варіанти вихідних інтерфейсів — UART (TTL) та ШІМ (PWM), з яких для даного проекту обрано UART через простоту інтеграції та наявність бібліотек для Arduino. МН-Z19В оснащений функцією автоматичного базового калібрування (ABC), що дозволяє компенсувати дрейф показників у тривалий період експлуатації.

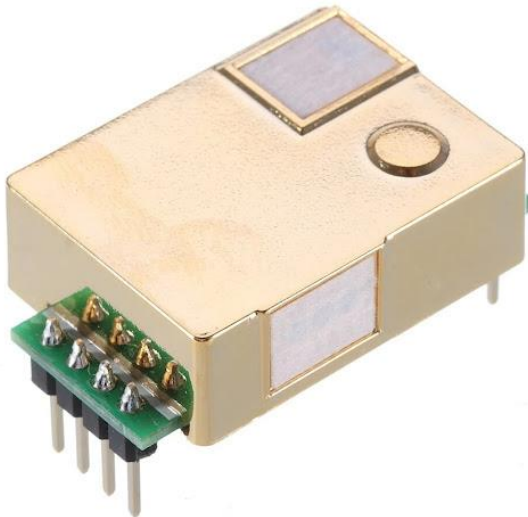


Рисунок 2.3 — Датчик CO2 МН-Z19В

Вибір саме цих сенсорів обумовлений балансом між вартістю, точністю, енергоспоживанням та доступністю бібліотек для мікроконтролерів Arduino. Крім того, важливим фактором є наявність детальної документації та підтримка спільноти, що значно спрощує процес інтеграції та налагодження пристрою.

При проектуванні структурної схеми особливу увагу приділяється сумісності інтерфейсів. Для АНТ20 та BMP280 передбачена спільна шина I²C, що дозволяє мінімізувати кількість зайнятих пінів мікроконтролера. DHT22 підключається до окремого цифрового входу, а МН-Z19В використовує програмну реалізацію послідовного порту через SoftwareSerial, оскільки апаратний UART Arduino Uno зайнятий для відлагодження через USB.

Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальну організацію підключення, зберігаючи при цьому можливість масштабування системи в майбутньому. Наприклад, у разі необхідності додавання нових сенсорів (BME680, CCS811, SGP30) можна використовувати вже наявну I²C-шину або розширити UART-інтерфейси за

допомогою мультиплексорів.

Таким чином, обраний набір сенсорів забезпечує повноцінний набір параметрів для моніторингу мікроклімату: температура, вологість, атмосферний тиск та концентрація CO₂. Всі компоненти є взаємодоповнюючими та дозволяють досягти високої точності вимірювань при збереженні доступності та простоти реалізації проекту.

2.2 Вибір мікропроцесорного пристрою.

У процесі проєктування мікропроцесорної моніторингової станції важливо обрати таку платформу, яка поєднує в собі доступність, сумісність з обраними сенсорами, надійність у роботі та достатню продуктивність для виконання основних завдань системи. У межах даного проєкту як основний обчислювальний модуль обрано Arduino Uno (рис 2.4) – добре відому та перевірену платформу на базі мікроконтролера ATmega328P (рис 2.5).

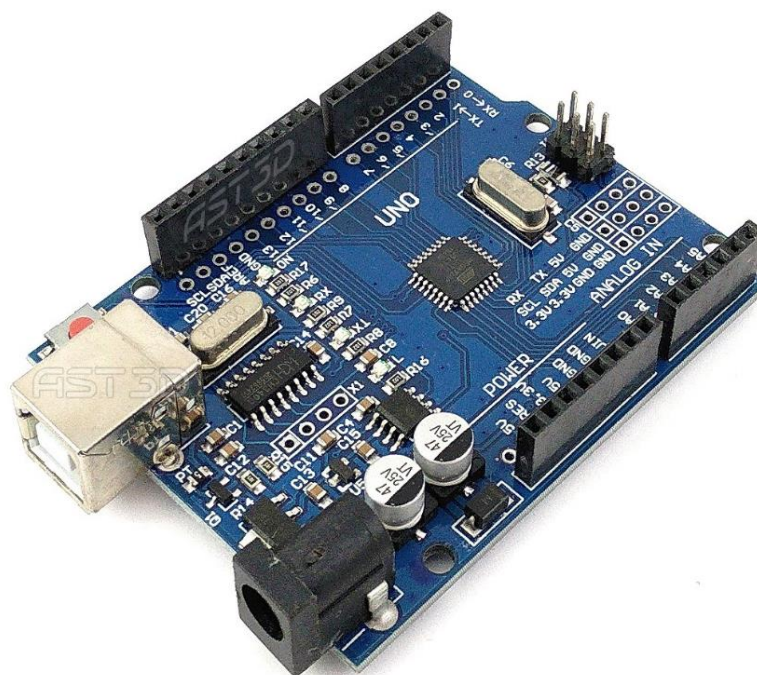


Рисунок 2.4 — Arduino Uno R3

Arduino Uno забезпечує оптимальний баланс між простотою використання та функціональністю, що робить її ідеальним вибором як для навчальних, так і для

прикладних задач. Мікроконтролер, який лежить в основі плати, працює на тактовій частоті 16 МГц та має у своєму розпорядженні 32 КБ флеш-пам'яті для зберігання коду, з яких частина зарезервована під завантажувач. Крім того, він має 2 КБ оперативної пам'яті (SRAM) та 1 КБ EEPROM для збереження постійних даних, що дозволяє зручно працювати з кількома сенсорами, виконувати проміжну обробку результатів, а також реалізовувати передачу даних через зовнішні інтерфейси.

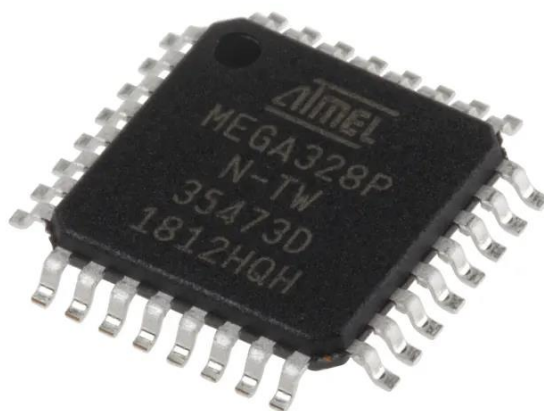


Рисунок 2.5 — мікроконтролер ATmega328p

Ключовою перевагою Arduino Uno є підтримка широкого спектру стандартних інтерфейсів, таких як I²C, UART, SPI та цифрові/аналогові входи, що дозволяє легко підключати сенсори різних типів без необхідності використання додаткових мікросхем перетворення рівнів або шин. Зокрема, для реалізації даної системи будуть використовуватись три основні інтерфейси: цифровий пін для DHT22, шина I²C для сенсорів АНТ20 та BMP280, а також UART для з'єднання з газоаналізатором МН-Z19В. Крім того, через UART або програмну бібліотеку SoftwareSerial здійснюється обмін даними з Bluetooth-модулем HC-06, що забезпечує зручний канал передачі інформації користувачеві.

Arduino Uno також має вбудований USB-інтерфейс, який дозволяє легко здійснювати програмування плати, моніторинг даних у реальному часі та налагодження під час розробки. Це особливо важливо на етапі тестування системи, коли потрібно оперативно вносити зміни в код або відслідковувати поведінку пристрою.

Ще одним вагомим аргументом на користь вибору Arduino Uno є наявність величезної кількості готових бібліотек та прикладів, що значно пришвидшує процес інтеграції сенсорів та знижує ризик виникнення помилок на рівні низькорівневого програмування. Спільнота розробників, яка підтримує цю платформу, активно оновлює бібліотеки, виправляє помилки та додає нові функції, завдяки чому система на базі Arduino завжди залишається актуальною.

Ураховуючи, що даний проєкт не потребує складних обчислювальних операцій або обробки великих обсягів даних, застосування більш потужних мікроконтролерів, таких як ESP32 чи STM32, не є необхідним. У свою чергу Arduino Uno дозволяє зосередитися саме на логіці роботи системи та ефективному зборі інформації без зайвих ускладнень в частині конфігурації апаратного забезпечення.

Таким чином, вибір Arduino Uno є цілком обґрунтованим і зумовлений її простотою, надійністю, гнучкістю у використанні та повною відповідністю завданням, поставленим у межах цієї моніторингової системи.

2.3 Вибір програмного середовища.

Для реалізації програмної частини мікропроцесорної моніторингової станції було обрано середовище розробки Arduino IDE (рис. 2.6), яке на сьогодні є одним із найпоширеніших інструментів для програмування мікроконтролерів на базі платформ Arduino. Це програмне середовище поєднує в собі інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс, широкий функціонал та гнучкі можливості розширення, що робить його зручним як для початківців, так і для досвідчених розробників.

Arduino IDE надає всі необхідні засоби для написання, компіляції, завантаження та відлагодження програмного коду. Завдяки вбудованому монітору порту, можна в реальному часі спостерігати за результатами роботи пристрою, що особливо корисно під час тестування сенсорів або передачі даних через Bluetooth. Крім того, Arduino IDE підтримує автозавантаження прошивки через USB, що значно спрощує процес оновлення програмного забезпечення мікроконтролера під час розробки.

Важливим фактором вибору саме цього середовища є широка підтримка

бібліотек для роботи з різноманітними сенсорами та модулями. У рамках даного проєкту використовуються кілька зовнішніх бібліотек — зокрема, для сенсорів DHT22, АНТ20, BMP280 та газоаналізатора МН-Z19В. Arduino IDE дозволяє легко інсталиувати такі бібліотеки без необхідності ручного копіювання файлів, завдяки інтегрованому менеджеру бібліотек, що спрощує конфігурацію програмного середовища.

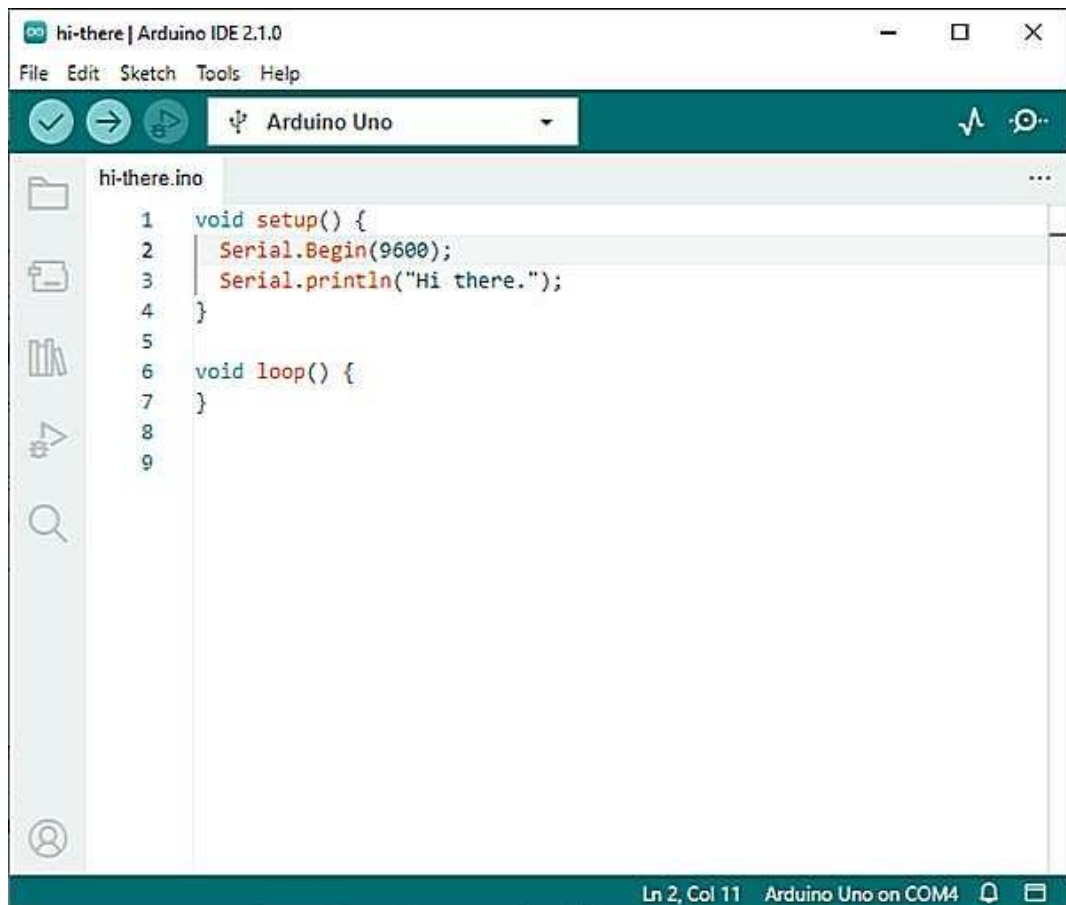


Рисунок 2.6 — інтерфейс Arduino IDE

Середовище підтримує мову програмування, що базується на C/C++, однак у спрощеній формі, з великою кількістю прикладів і шаблонів. Це дозволяє швидко створювати та редагувати код, фокусуючись безпосередньо на логіці роботи пристрою, а не на деталях низькорівневого програмування. Зокрема, у проєкті реалізовані функції ініціалізації сенсорів, періодичного зчитування даних, обробки можливих помилок та передачі інформації через UART або I²C.

Arduino IDE має кросплатформену сумісність, тобто може працювати на

більшості популярних операційних систем — Windows, macOS, Linux. Це є додатковою перевагою у випадках, коли система розробляється або тестується на різних типах комп'ютерів. Також, завдяки відкритому коду, Arduino IDE може бути адаптоване або розширене під специфічні потреби проєкту.

Враховуючи доступність, простоту використання, підтримку великої кількості бібліотек і активну спільноту користувачів, вибір Arduino IDE як основного програмного середовища є цілком логічним та виправданим. Воно забезпечує всі необхідні інструменти для реалізації функціональної та надійної програми для мікропроцесорної моніторингової станції.

2.4 Вибір метода дистанційного доступу.

У рамках даного проєкту одним із ключових функціональних елементів є можливість дистанційного доступу до даних, які збирає мікропроцесорна моніторингова станція. Це дозволяє користувачеві отримувати актуальну інформацію про параметри навколишнього середовища у режимі реального часу без потреби фізичного підключення до пристрою. Враховуючи технічні та функціональні вимоги системи, серед кількох можливих варіантів реалізації бездротового зв'язку було обрано використання Bluetooth-з'єднання, реалізованого через модуль HC-06 (рис. 2.7).

Bluetooth є одним із найпоширеніших і надійних протоколів бездротової передачі даних на короткі дистанції. Його інтеграція з мікроконтролерною платформою Arduino не потребує складних налаштувань, а сам модуль HC-06 відрізняється простотою у використанні, високою сумісністю та стабільною роботою. Передача даних у даному випадку реалізується через послідовний інтерфейс UART, що дозволяє безпосередньо передавати текстові повідомлення з мікроконтролера на смартфон, планшет або комп'ютер, оснащений Bluetooth-приймачем.

Серед альтернативних методів дистанційного доступу, які розглядалися на початковому етапі проєкту, були Wi-Fi-з'єднання з використанням ESP-модулів, GSM/4G-модулі для передачі даних через мобільні мережі, а також LoRa для

довготривалого радіозв'язку. Проте кожен із цих варіантів вимагав або значно вищих апаратних ресурсів, або додаткових витрат на модулі, живлення та конфігурацію мережі. Наприклад, підключення через Wi-Fi вимагало б створення локального сервера або інтеграції з хмарною платформою, що ускладнило б реалізацію в межах навчального проєкту.

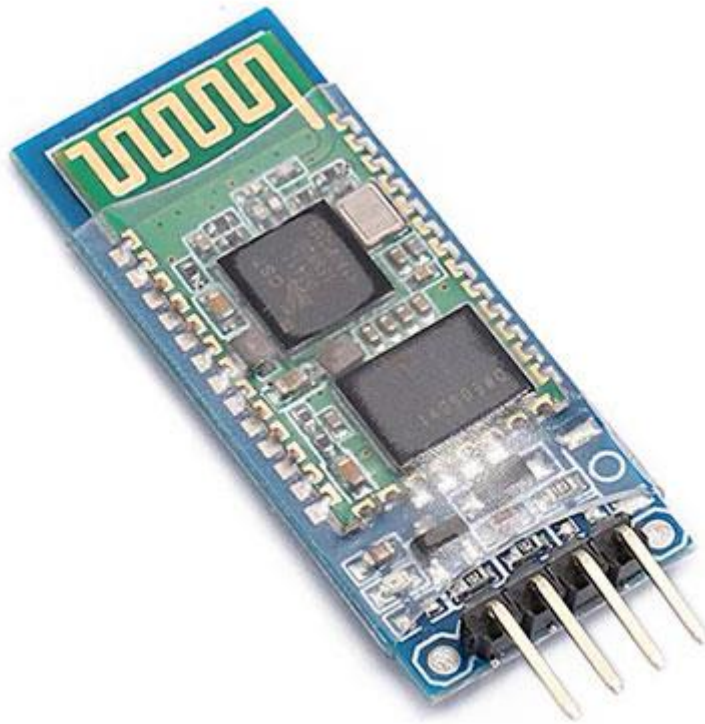


Рисунок 2.7 — Bluetooth модуль HC-06

Bluetooth, на відміну від зазначених технологій, забезпечує безпосереднє з'єднання між пристроєм і користувачем без проміжних серверів або інтернет-доступу. Це знижує залежність від зовнішніх факторів і забезпечує високу швидкість з'єднання та передачі невеликих обсягів даних, що повністю відповідає потребам системи моніторингу. Модуль HC-06, який використовується у проєкті, має стандартну швидкість передачі 9600 бод і працює в парі з Arduino через програмну реалізацію послідовного порту, що дозволяє уникнути конфлікту з основним UART-портом, який використовується для налагодження.

Таким чином, вибір Bluetooth-модуля HC-06 як засобу реалізації дистанційного доступу є технічно обґрунтованим і раціональним рішенням. Він

забезпечує простоту реалізації, стабільність роботи, достатню швидкість передачі, сумісність із широким колом пристроїв, а також не потребує складного додаткового програмного забезпечення для обміну даними. Це дозволяє зосередитися на основних задачах проєкту — зборі, обробці та передачі даних — без зайвих ускладнень у сфері комунікацій.

2.5 Розробка структурної схеми.

Структурна схема моніторингової станції є логічним відображенням взаємодії всіх її функціональних блоків. Головним елементом системи є мікроконтролер Arduino Uno, до якого підключаються всі сенсори, модулі зв'язку та відображення інформації.

Основними вузлами пристрою є:

- блок живлення;
- мікроконтролер Arduino Uno;
- сенсорна система (DHT22, АНТ20, BMP280, МН-Z19В);
- модуль індикації (LCD-дисплей);
- модуль зв'язку (Bluetooth HC-06).

Блок живлення забезпечує стабільне живлення 5 В для Arduino Uno та всіх підключених пристроїв. Пристрій може живитися як через USB-порт, так і від зовнішнього джерела живлення (адаптер 9-12 В або акумуляторний блок). В схемі передбачено стабілізатор напруги AMS1117 для захисту від перепадів напруги.

Arduino Uno виконує функцію центрального керуючого блоку. Всі сенсори передають дані на контролер, де здійснюється попередня обробка інформації. Враховуючи обмежену кількість пінів на платі, підключення організовано наступним чином:

- сенсор DHT22 підключається до цифрового піну D2 через 1-Wire інтерфейс;
- АНТ20 та BMP280 використовують спільну шину I²C, яка підключається до пінів A4 (SDA) та A5 (SCL) Arduino Uno;
- сенсор МН-Z19В підключається через програмний послідовний порт

(SoftwareSerial) з використанням пінів D10 (RX) та D11 (TX).

Для відображення інформації використовується OLED-дисплей з інтерфейсом I²C, який підключається до тієї ж шини, що й АНТ20 та BMP280. Це дозволяє мінімізувати кількість зайнятих пінів та спростити схему підключення.

Для реалізації дистанційного доступу передбачено використання модуля Bluetooth HC-06, який з'єднується через UART-інтерфейс. З огляду на обмеження апаратного порту Arduino Uno, Bluetooth модуль підключається через SoftwareSerial до пінів D8 (RX) та D9 (TX), що дозволяє одночасно використовувати USB-з'єднання для налагодження та обміну даними.

Загальна структурна схема зображена на рисунку 2.6

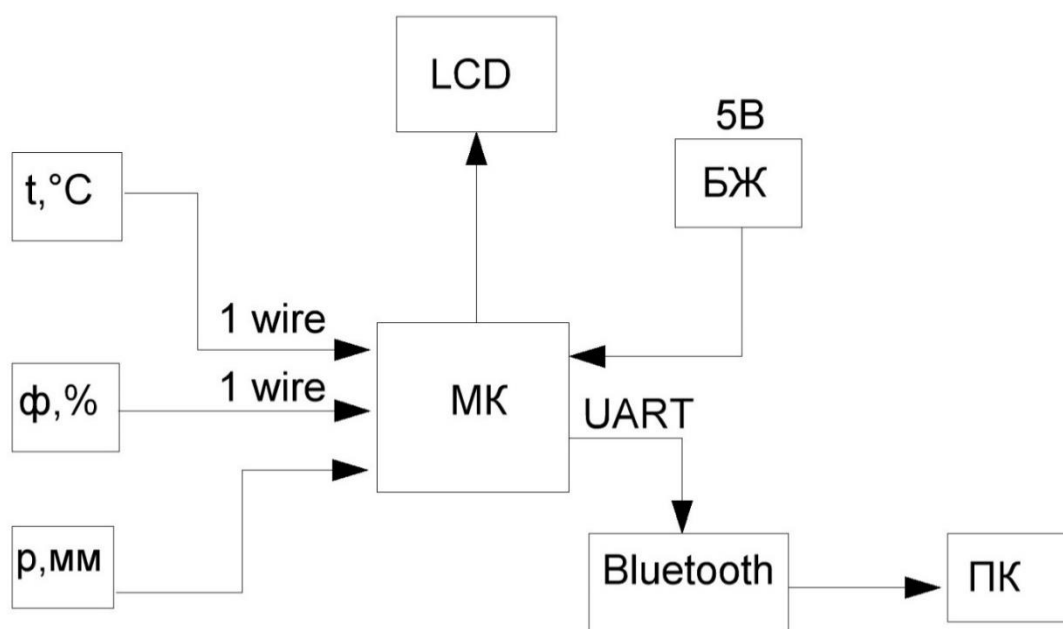


Рисунок 2.6 — Структурна схема пристрою.

На зображенні схематично представлені всі взаємозв'язки між компонентами системи. В центрі розміщено Arduino Uno, від якого відходять лінії до сенсорів, дисплею та Bluetooth-модуля. I²C-шина об'єднує АНТ20, BMP280 та OLED-дисплей. DHT22 та МН-Z19В мають окремі канали зв'язку. Окремо виділений блок живлення, який забезпечує стабільне напруження для всієї системи.

Конструктивно вся система може бути зібрана на макетній платі або у вигляді компактного корпусного рішення. За необхідності передбачено встановлення

додаткових роз'ємів для підключення нових сенсорів або розширення інтерфейсів.

Така структура дозволяє забезпечити модульність пристрою, спрощує обслуговування та модернізацію системи у майбутньому, а також забезпечує стабільну роботу з можливістю віддаленого доступу до показників моніторингу.

3 РОЗРОБКА СХЕМИ ТА ПЗ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Опрацювання даних та інтерфейс сенсора DHT-22

Сенсор DHT22 (рисунок 3.2) є одним з найпопулярніших датчиків для вимірювання температури та вологості завдяки простоті підключення та достатній точності для більшості прикладних завдань. Він використовує однопровідний цифровий інтерфейс для обміну даними з мікроконтролером, що дозволяє економити кількість портів на Arduino Uno.



Рисунок 3.1 — Цифровий датчик температури та вологості DHT22

Характеристика:

- виробник: ASAIR;
- тип: AM2302 цифровий;
- точність: 0.1 °C;
- діапазон вимірювання вологості — від 0% до 100%;
- діапазон виміру температури — від 40 °C до 80 °C;
- точність вимірювання вологості — від $\pm 2\%$ RH;
- точність вимірювання температури: ± 0.5 градуса;
- напруга живлення — від 3.6 В до 6 В;
- кількість виводів — 4;
- ультранизьке енергоспоживання;
- не вимагає обв'язки;
- здатний працювати при досить довгому дроті.

Розпіновка сенсора зображена на рисунку 3.2

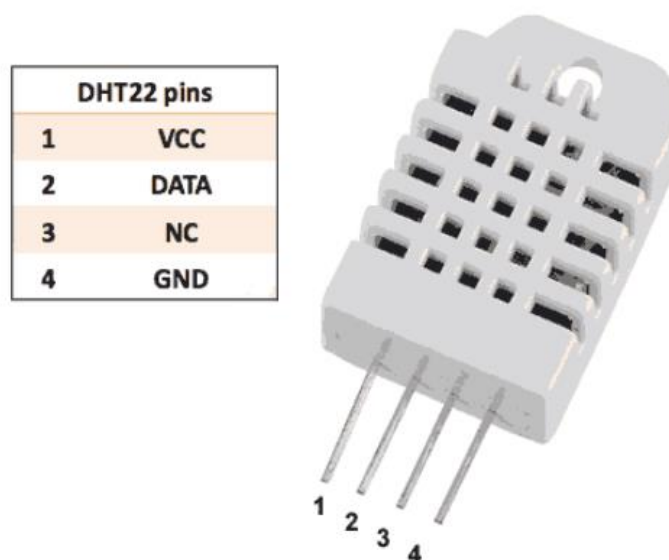


Рисунок 3.2 — Піни сенсора DHT22

Принцип роботи DHT22 базується на ємнісному методі вимірювання вологості та терморезисторі для вимірювання температури. Вимірювальні елементи розміщені у пластиковому корпусі з отворами, що забезпечують контакт із зовнішнім повітрям. Сенсор передає дані у вигляді цифрових імпульсів з певною тривалістю, які декодуються мікроконтролером згідно з протоколом 1-Wire.

Процес обробки даних передбачає наступні етапи:

- ініціалізація сенсора з використанням бібліотеки DHT.h;
- встановлення цифрового піну (наприклад, D2) для обміну даними;
- відправка стартового сигналу для активації передачі даних від сенсора;
- прийом 40-бітного пакету, який містить інформацію про вологість, температуру та контрольну суму;
- перевірка коректності отриманих даних за допомогою контрольної суми;
- конвертація сирих даних у значення фізичних величин (градуси Цельсія, відносна вологість у %).

Важливою особливістю DHT22 є те, що інтервал між послідовними вимірюваннями повинен становити не менше 2 секунд, аби уникнути збоїв у зчитуванні. З цієї причини у програмному забезпеченні реалізується цикл

опитування сенсора з відповідними затримками.

Для підвищення точності результатів впроваджується алгоритм усереднення декількох значень. Наприклад, для кожного виводу результатів обчислюється середнє арифметичне з 5-10 останніх вимірювань, що дозволяє згладжувати випадкові відхилення та «шум» даних.

Отримані значення температури та вологості виводяться на OLED-дисплей у форматі зручному для користувача. Крім того, дані передаються через Bluetooth на мобільний пристрій або ПК для дистанційного моніторингу.

Особливу увагу приділяється стабільності роботи сенсора. Для цього в програмному забезпеченні передбачено механізми обробки помилок зчитування (повторні спроби опитування, повідомлення про некоректні дані) та індикація стану сенсора.

Таким чином, DHT22 виконує функцію базового сенсора мікроклімату, забезпечуючи надійне вимірювання температури та вологості з подальшою передачею даних на відображення та зберігання.

3.2 Підключення і знімання сигналів сенсора АНТ20+ВМР280

Сенсори АНТ20 та ВМР280 (рисунк 3.3) використовуються для точного вимірювання температури, вологості та атмосферного тиску, що є основними параметрами мікроклімату. Вони підключаються до Arduino Uno через інтерфейс I²C, який дозволяє з'єднувати кілька пристроїв на одній шині за рахунок використання унікальних адрес.

АНТ20 є сучасним цифровим сенсором вологості та температури з високою точністю вимірювання: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ для температури та $\pm 2\%$ RH для вологості. Він має вбудований алгоритм компенсації температурних впливів та забезпечує стабільні показники навіть при довготривалому використанні. Швидкість зчитування даних у АНТ20 дозволяє здійснювати оновлення показників кожену секунду.

ВМР280 — це барометричний сенсор, який окрім вимірювання атмосферного тиску (з точністю до 0.12 hPa), забезпечує додатковий канал вимірювання температури. Цей сенсор також підключається через шину I²C і дозволяє

використовувати його паралельно з АНТ20, не займаючи додаткових портів мікроконтролера.

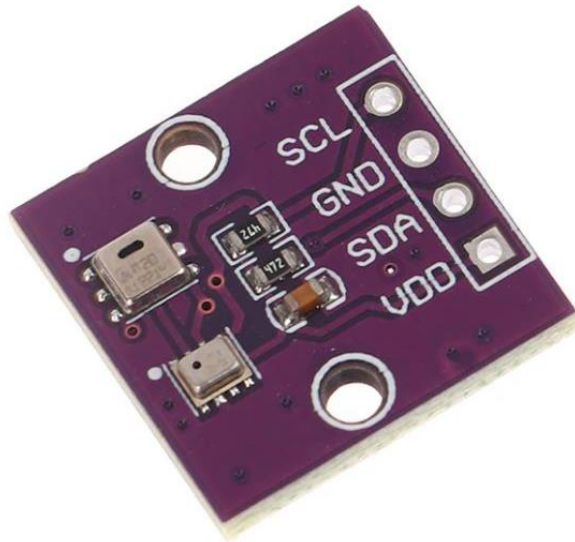


Рисунок 3.3 — Сумісні датчики АНТ20 та BMP280

Підключення обох сенсорів виконується наступним чином:

- Лінія SDA підключається до піну A4 Arduino Uno;
- Лінія SCL підключається до піну A5 Arduino Uno;
- Живлення 3.3 В або 5 В (залежно від версії сенсора);
- Спільна шина GND.

Для взаємодії з цими сенсорами використовуються відповідні бібліотеки: `Adafruit_AHTX0` для АНТ20 та `Adafruit_BMP280` для BMP280. Програмне забезпечення передбачає ініціалізацію обох пристроїв при старті системи з перевіркою їхньої готовності до роботи.

Опитування сенсорів відбувається циклічно з інтервалом у 1-2 секунди. Зібрані дані проходять етап фільтрації для усунення випадкових коливань. Для цього застосовується метод ковзного середнього значення зберігання останніх 10 показників кожного сенсора.

Результати вимірювань температури з АНТ20 і BMP280 порівнюються для визначення середнього значення, що дозволяє підвищити точність оцінки за рахунок компенсації можливих відхилень окремих сенсорів. Вологість зчитується безпосередньо з АНТ20, оскільки BMP280 не вимірює цей параметр.

Дані з BMP280 про атмосферний тиск використовуються для розрахунку висоти над рівнем моря (в разі необхідності) та для аналізу змін погоди. Алгоритм включає корекцію за допомогою стандартної барометричної формули.

Отримані значення виводяться на OLED-дисплей у зрозумілому форматі, а також передаються через Bluetooth для віддаленого моніторингу. У разі некоректного зчитування даних реалізовані механізми повторних спроб та сигналізації про помилку.

Таким чином, використання сенсорів АНТ20 та BMP280 у складі моніторингової станції дозволяє забезпечити високоточне вимірювання основних параметрів мікроклімату з мінімальними затратами ресурсів мікроконтролера.

3.3 Підключення і знімання сигналів сенсора МН-Z19В

Сенсор МН-Z19В (рисунок 3.4) є інфрачервоним газоаналізатором, який вимірює концентрацію вуглекислого газу (CO_2) у повітрі. Він використовує метод недисперсійної інфрачервоної спектроскопії (NDIR), що забезпечує високу точність вимірювань у діапазоні 0-5000 ppm. Завдяки компактним розмірам, надійності та простоті підключення, МН-Z19В широко застосовується у проектах з моніторингу повітря.



Рисунок 3.4 — Датчик CO_2 МН-Z19В

Додатковою перевагою сенсора МН-Z19В є наявність вбудованого алгоритму автоматичного базового калібрування (ABC – Automatic Baseline Correction), який

дозволяє сенсору самостійно підлаштовуватись до мінімального рівня CO₂ у середовищі протягом тривалого періоду експлуатації. Це значно підвищує стабільність довготривалих вимірювань без потреби ручного втручання. Крім того, сенсор має підтримку як цифрового UART-інтерфейсу, так і аналогового виходу, що дозволяє легко інтегрувати його до більшості мікроконтролерів, зокрема Arduino. Завдяки чітко задокументованому протоколу обміну даними та підтримці бібліотек для популярних платформ, MH-Z19B став стандартним вибором для недорогих, але точних систем моніторингу якості повітря у класах, офісах, теплицях, вентиляційних системах і пристроях розумного дому.

Для підключення сенсора до Arduino Uno використовується інтерфейс UART (TTL-рівень логіки). Враховуючи, що апаратний послідовний порт Arduino Uno вже зайнятий для програмування та обміну даними з ПК, з'єднання з MH-Z19B здійснюється через програмний UART, реалізований за допомогою бібліотеки SoftwareSerial. Для цього обрано пін D10 для прийому даних (RX) та пін D11 для передачі даних (TX). Детальна розпіновка зображена на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 — Піни та їхнє призначення сенсора CO₂ MH-Z19B

Електричне підключення передбачає наступне:

- TX MH-Z19B підключається до RX Arduino Uno (D10);
- RX MH-Z19B підключається до TX Arduino Uno (D11);
- Живлення подається через пін 5 В, спільна земля (GND).

Програмна взаємодія з сенсором здійснюється через відповідну бібліотеку MHZ19.h, яка дозволяє відправляти запити на отримання даних та зчитувати

відповіді у вигляді 9-байтних пакетів. Зчитування концентрації CO₂ проводиться кожні 5 секунд, що є рекомендованим інтервалом для цього сенсора.

Дані від сенсора проходять перевірку контрольної суми для забезпечення достовірності показників. У разі виявлення помилки повторно ініціюється запит даних. Зібрані показники відображаються на OLED-дисплеї у вигляді цифрового значення ppm, а також передаються через Bluetooth-модуль на мобільний пристрій.

Особливістю MH-Z19B є наявність автоматичного базового калібрування (ABC - Automatic Baseline Calibration), яке здійснюється раз на 24 години для компенсації дрейфу сенсора. Для підвищення точності передбачено також ручне калібрування, яке може бути виконане через спеціальні команди з мікроконтролера.

Додатково реалізовано функцію усереднення показників шляхом обчислення середнього значення з 5 останніх вимірювань для зниження впливу короточасних флуктуацій.

Таким чином, використання сенсора MH-Z19B у моніторинговій станції дозволяє забезпечити точне та стабільне вимірювання концентрації CO₂ з мінімальними затратами ресурсів системи, що є важливим для контролю якості повітря у приміщеннях та відкритих середовищах.

3.4 Передача даних через Bluetooth-модуль HC-06

Передача даних є одним із ключових етапів у функціонуванні моніторингової станції, оскільки саме вона забезпечує зв'язок між фізичним пристроєм збору інформації та користувачем, який цю інформацію сприймає та аналізує. У даному проєкті для реалізації бездротового зв'язку було обрано модуль HC-06, що використовує технологію Bluetooth другого покоління. Цей модуль працює на класичному послідовному інтерфейсі UART і дозволяє організувати безпосередній канал зв'язку між Arduino Uno та будь-яким пристроєм, який підтримує Bluetooth-з'єднання, зокрема смартфонами, планшетами або комп'ютерами.

HC-06 є «slave»-модулем, що означає, що він не ініціює з'єднання, а очікує його від іншого пристрою. Це спрощує реалізацію логіки взаємодії, оскільки модуль автоматично встановлює з'єднання при виявленні відповідного запиту, після чого

одразу готовий до обміну даними. Передача даних здійснюється у вигляді текстових повідомлень, що формуються у форматі, зручному для користувача. Наприклад, результати вимірювань температури, вологості, тиску та концентрації CO₂ об'єднуються в один рядок, у якому кожен параметр має зрозумілу мітку, одиниці вимірювання та значення. Такий формат легко читається як людиною, так і програмним забезпеченням на приймальному боці.

З технічної точки зору, Arduino взаємодіє з HC-06 за допомогою програмного послідовного порту, реалізованого через бібліотеку SoftwareSerial. Це рішення дозволяє залишити апаратний UART-порт вільним для зв'язку з комп'ютером або для налагодження коду. У проекті для Bluetooth-модуля використовуються окремі пін-контакти, які задаються на рівні програмного забезпечення. Сам Bluetooth-модуль живиться від 5 В, але сигнальні лінії повинні працювати на рівні 3.3 В. Зважаючи на те, що більшість HC-06 мають вбудований адаптер рівнів напруги, це дозволяє підключати його безпосередньо до Arduino Uno без додаткових конвертерів.

Передача даних реалізується у циклі основної програми. Після зчитування сенсорів інформація аналізується, обробляється та форматується у текстовий рядок, який передається через Bluetooth. Користувач на приймальному пристрої (наприклад, через додаток типу Serial Bluetooth Terminal або інше спеціалізоване ПЗ) бачить оновлення даних у режимі реального часу. Це дозволяє відстежувати зміну параметрів навколишнього середовища безпосередньо, без затримок і безпосереднього доступу до пристрою.

Важливою перевагою цього підходу є те, що він не вимагає складної інфраструктури або серверного обладнання. Вся передача здійснюється локально, а єдиною вимогою є наявність Bluetooth-з'єднання в користувача. Це особливо зручно в умовах, де відсутній доступ до Wi-Fi або мобільного зв'язку, або у випадках, коли потрібно розгорнути систему максимально швидко без попередньої конфігурації мереж.

Таким чином, використання Bluetooth-модуля HC-06 дозволяє ефективно організувати просту, надійну та стабільну передачу даних у рамках системи

моніторингу, забезпечуючи користувача актуальною інформацією в зручному для нього форматі без необхідності складних технічних рішень.

3.5 Виведення даних на дисплей LCD I2C 2004

Виведення даних на дисплей є важливим компонентом взаємодії користувача з мікропроцесорною моніторинговою станцією. Це дає змогу візуалізувати зібрану інформацію безпосередньо на місці розміщення пристрою, що зручно в умовах, коли немає можливості постійно використовувати віддалене з'єднання або зовнішні пристрої. У даному проєкті для цієї мети обрано дисплей LCD 2004, оснащений інтерфейсом I2C, який дозволяє виводити одночасно великий обсяг текстової інформації, зберігаючи при цьому апаратні ресурси мікроконтролера.

LCD 2004 — це рідкокристалічний дисплей, що має чотири рядки по двадцять символів кожен. Такий обсяг відображення дає змогу одночасно представляти значення кількох параметрів, наприклад: температуру, вологість, атмосферний тиск, а також рівень CO₂. Завдяки цьому користувач може швидко оцінити стан навколишнього середовища без необхідності прокручування або перемикання екранів.

Використання інтерфейсу I2C дозволяє підключати дисплей лише двома сигнальними лініями до Arduino Uno — SDA та SCL, які, відповідно, підключаються до аналогових пінів A4 і A5. Це значно економить цифрові входи/виходи контролера, що особливо важливо в умовах обмеженої кількості портів при використанні великої кількості сенсорів і модулів. Крім того, інтерфейс I2C дозволяє підключати інші пристрої на тій самій шині, що забезпечує більшу гнучкість у конфігурації системи.

Для керування дисплеєм у проєкті використовується бібліотека LiquidCrystal_I2C, яка дозволяє легко ініціалізувати екран, позиціонувати текст, очищати вміст і оновлювати його в реальному часі. Форматування даних здійснюється програмно: значення кожного параметра обмежуються по довжині та виводяться в конкретне місце на екрані для збереження читаємості. Наприклад, у верхніх рядках можуть відображатися значення температури й вологості, а в нижніх

— тиск і рівень вуглекислого газу.

Для зручності користувача реалізовано періодичне оновлення виводу — дані перезаписуються кожні кілька секунд, синхронно з опитуванням сенсорів. У разі відсутності або некоректного зчитування даних, на дисплей виводяться попереджувальні повідомлення типу "NO SENSOR" або "ERROR", що забезпечує оперативне інформування про проблеми в роботі пристрою.

Таким чином, дисплей LCD 2004 з інтерфейсом I2C є ефективним засобом локальної індикації результатів вимірювань, який дозволяє наочно і зручно представити інформацію користувачеві, зберігаючи при цьому простоту підключення і невисоке навантаження на апаратні ресурси системи. Його використання підвищує зручність експлуатації пристрою та дозволяє отримувати необхідні дані навіть у повністю автономному режимі.

3.6 Структура основної програми

Структура основної програми, що реалізує логіку роботи моніторингової станції, побудована на принципі циклічного зчитування даних із сенсорів, їх обробки, форматування та виведення результатів на дисплей і передачі через Bluetooth. Програма написана мовою програмування, що базується на C++, з використанням середовища Arduino IDE. Стандартна архітектура скетча Arduino передбачає наявність двох основних функцій: `setup()` для ініціалізації системи та `loop()` для безперервного виконання основних дій.

У функції `setup()` відбувається підключення всіх бібліотек, ініціалізація сенсорів, налаштування дисплея LCD, старт послідовного порту Bluetooth, а також виведення першого повідомлення на екран про початок роботи пристрою. Тут же перевіряється доступність кожного підключеного модуля, що дозволяє вже на старті визначити, чи всі компоненти функціонують коректно.

Основна логіка реалізована у функції `loop()`, яка виконується безперервно. В її межах задається цикл з певною затримкою, що визначає інтервал між оновленнями даних — зазвичай це декілька секунд, аби забезпечити стабільну роботу сенсорів та уникнути перевантаження системи. Спочатку опитуються всі сенсори: DHT22,

АНТ20, BMP280 та МН-Z19В. Для кожного з них зчитуються відповідні параметри: температура, вологість, тиск та концентрація вуглекислого газу. Отримані значення проходять перевірку на коректність. У разі успішного зчитування виконується форматування даних у зручний для відображення вигляд. Якщо ж сенсор повертає некоректні або нульові дані, програма генерує відповідне попередження для виводу на дисплей або в Bluetooth-термінал.

Відформатовані дані паралельно передаються двома каналами. Перший — це дисплей LCD 2004, на якому відображаються поточні значення у структурованому вигляді, розбитому по рядках за типом сенсорів. Другий канал — це Bluetooth-модуль HC-06, через який дані у вигляді текстового повідомлення надсилаються на мобільний пристрій або ПК. Таким чином, користувач має змогу одночасно спостерігати за показниками як безпосередньо на екрані пристрою, так і дистанційно.

У програмі реалізована проста система обробки помилок. Якщо певний сенсор не відповідає, програма не припиняє виконання, а лише позначає проблему виводом повідомлення на екран або у Bluetooth-канал. Це дозволяє уникнути повного зависання системи у разі збою одного з компонентів.

Завдяки модульності реалізації, код структурується у вигляді логічно відокремлених блоків, кожен із яких відповідає за окремий сенсор або функціональну частину системи. Такий підхід спрощує супровід, модифікацію та подальше розширення програми. Наприклад, у разі додавання нового сенсора достатньо створити окрему функцію для його ініціалізації та опитування, після чого інтегрувати її в основний цикл.

Загалом, структура програми вирізняється простотою, логічною послідовністю та стабільністю. Вона забезпечує повноцінну інтеграцію всіх апаратних компонентів у єдину систему, дозволяючи пристрою функціонувати автономно, надійно та ефективно.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ

4.1 Методика перевірки працездатності системи.

Перевірка працездатності моніторингової станції є важливим етапом, який дозволяє підтвердити коректність її роботи та відповідність технічним вимогам. Для цього була розроблена методика, що охоплює всі основні елементи пристрою — від зчитування даних сенсорами до виведення інформації на дисплей та передачі через Bluetooth-з'єднання. Метою перевірки було виявити, наскільки стабільно працює система в реальних умовах, як реагує на зміну навколишніх параметрів, та чи здатна вона без збоїв виконувати задані функції протягом тривалого часу.

Перевірка розпочалася з візуального огляду зібраної схеми з метою переконатися у правильності підключення всіх компонентів, зокрема сенсорів DHT22, АНТ20, BMP280, МН-Z19В, дисплея LCD 2004 і Bluetooth-модуля HC-06. Після цього було завантажено програмне забезпечення у мікроконтролер Arduino Uno через Arduino IDE. На першому етапі тестування здійснювалася ініціалізація усіх підключених пристроїв. Успішне розпізнавання кожного модуля підтверджувалося повідомленням на дисплеї та у серійному моніторі комп'ютера.

Далі система працювала у звичайному режимі з циклічним зчитуванням даних. Параметри температури, вологості, атмосферного тиску та концентрації вуглекислого газу перевірялися в реальному часі як на дисплеї, так і через Bluetooth-з'єднання за допомогою програми Serial Bluetooth Terminal на смартфоні. Для кожного сенсора перевірялося, чи значення оновлюються у відповідні проміжки часу, чи зберігається правильність форматування даних, і чи немає збоїв при передачі.

Особлива увага приділялася оцінці стабільності з'єднання Bluetooth-модуля з мобільним пристроєм, а також затримці у передачі інформації. Пристрій тестувався як у відкритому приміщенні, так і в умовах кімнати з перешкодами для радіозв'язку. Крім того, моделювалися ситуації відключення одного з сенсорів для перевірки, як система поводить себе у разі часткової відмови. В результаті перевірки встановлено, що програма здатна ідентифікувати помилки зчитування та виводити відповідні повідомлення на екран, не припиняючи роботу інших модулів.

Також проводилися спостереження за поведінкою пристрою при зміні температури, вологості та концентрації CO₂. Для цього датчики піддавалися впливу змін середовища: температура підвищувалась за допомогою теплового джерела, а вологість — завдяки зволожувачу повітря. Під час тестування контролювалося, чи правильно відображаються зміни параметрів та наскільки швидко вони оновлюються.

На завершальному етапі перевірки система залишалася увімкненою протягом кількох годин без перезавантаження, щоб виявити можливі проблеми з довготривалою стабільністю. Усі елементи функціонували без збоїв, інформація передавалася регулярно, а дисплей коректно оновлювався. Це підтвердило готовність пристрою до реального використання в умовах щоденного моніторингу.

Таким чином, запропонована методика перевірки дозволила оцінити не лише базову працездатність системи, а й її надійність, точність, стійкість до збоїв та адаптивність до змін навколишніх умов. Результати показали, що пристрій працює стабільно, реагує на зміну параметрів і може бути використаний як у побуті, так і в комерційних цілях.

4.2 Результати експериментального тестування.

Експериментальне тестування мікропроцесорної моніторингової станції проводилося з метою перевірки її функціональної придатності, точності роботи сенсорів, стабільності передачі даних та відповідності очікуваному алгоритму роботи. Тестування охоплювало повний цикл функціонування системи: зчитування параметрів навколишнього середовища, обробку показників, виведення їх на дисплей і передачу по Bluetooth-з'єднанню на зовнішній пристрій.

Під час перевірки було встановлено, що пристрій стабільно виконує свою основну функцію — регулярний збір та оновлення екологічних даних. Усі сенсори починають працювати одразу після ініціалізації, що триває кілька секунд після подачі живлення. Значення температури та вологості, які надходили від сенсорів DHT22 та АНТ20, були співставлені з побутовим цифровим термогігрометром і виявилися доволі близькими. Різниця не перевищувала 0,5 °C для температури і 2—

3% для вологості, що знаходиться в межах технічної похибки обох пристроїв. Дані з барометричного сенсора BMP280 показували стабільні значення атмосферного тиску, з точністю до 1 гПа, що відповідало прогнозам локальних метеослужб у момент проведення вимірювань. Отримані графіки зміни відповідної величини зображено на рисунках 4.1, 4.2 та 4.3.

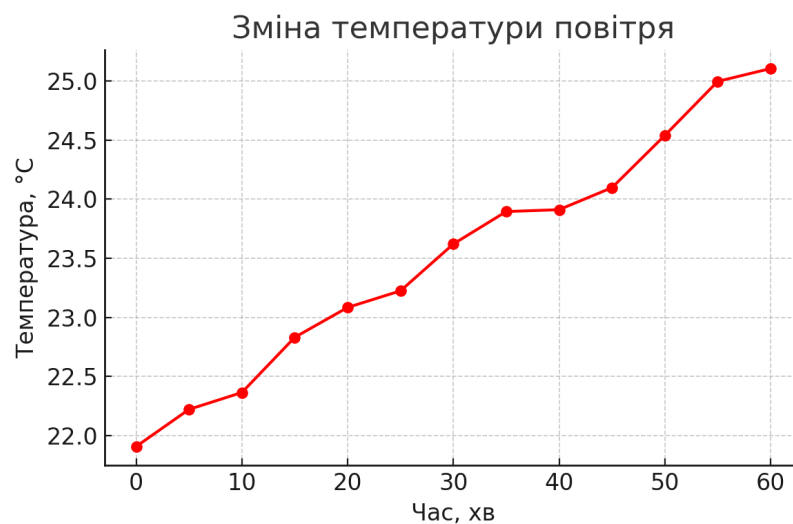


Рисунок 4.1 — Графік зміни температури повітря

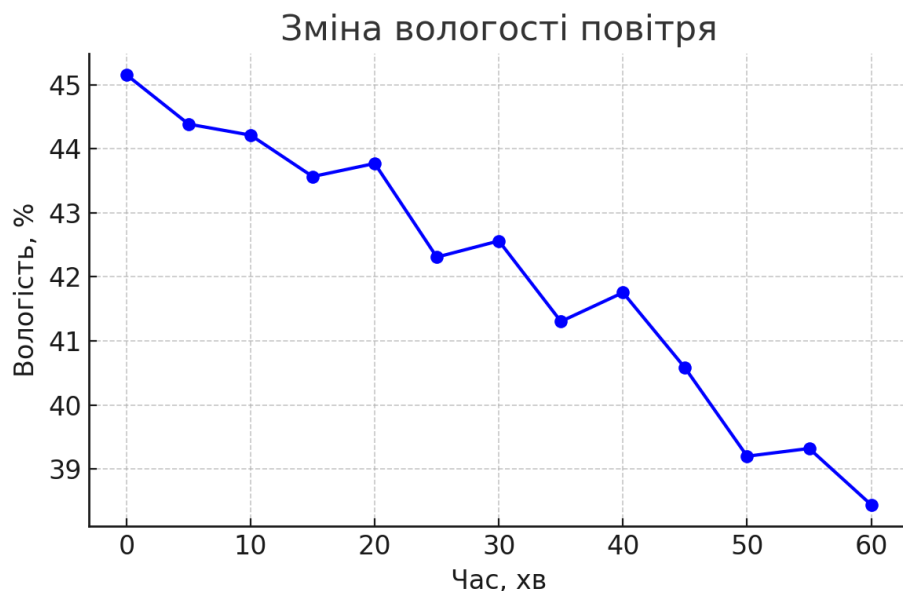


Рисунок 4.2 — Графік зміни вологості повітря

Виведення інформації на дисплей LCD 2004 дозволяло без додаткових пристроїв спостерігати за усіма актуальними параметрами. Текст залишався

читабельним, а оновлення значень відбувалося без мерехтіння або затримок. У випадках, коли окремий сенсор не надавав даних (наприклад, під час імітації збою), на дисплеї відображалося попереджувальне повідомлення, що також підтверджує наявність у програмному забезпеченні елементарної системи діагностики.

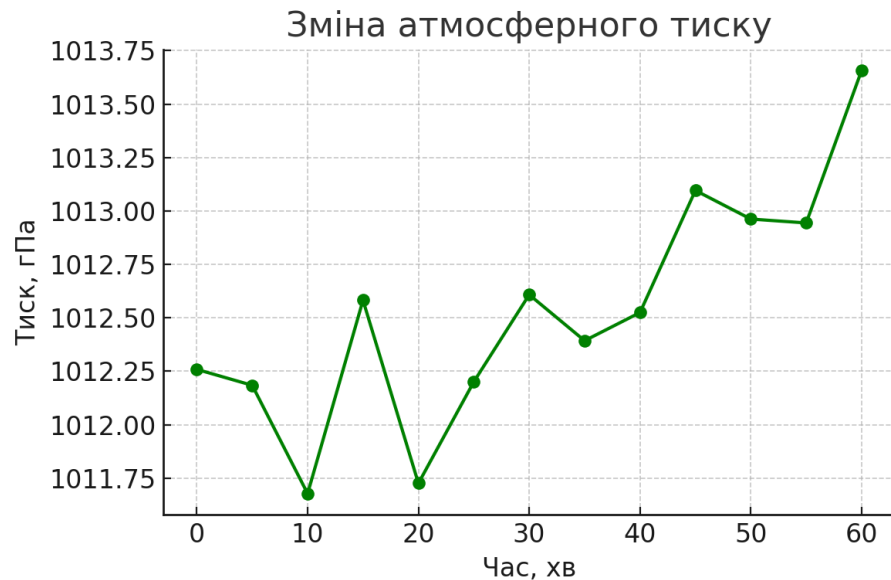


Рисунок 4.3 — Графік зміни атмосферного тиску

Окрему увагу було приділено перевірці газового сенсора МН-Z19В. Для оцінки його роботи використовувалося вимірювання CO_2 у приміщенні з природною вентиляцією та в замкнутому просторі. У першому випадку показники залишалися на рівні 450–600 ppm, що відповідає нормі для житлових приміщень. Після перебування кількох людей у кімнаті без провітрювання протягом 30–40 хвилин, значення почали зростати і сягнули 900–1100 ppm, що свідчило про коректну реакцію сенсора на підвищення концентрації вуглекислого газу. Графік зміни концентрації CO_2 зображено на рисунку 4.4. Після провітрювання значення повернулися до початкового рівня, що підтвердило працездатність модуля.

Bluetooth-модуль HC-06 також продемонстрував стабільну роботу. Після підключення до смартфона дані надходили регулярно, з інтервалом у кілька секунд, що відповідало закладеним в програмі часовим параметрам. Затримки в передачі не перевищували однієї секунди. Протягом кількох годин безперервної роботи з'єднання залишалося стабільним, без випадкових розривів або зависань. У разі

втрати сигналу, наприклад через перевищення допустимої відстані, після повторного підключення передача даних автоматично відновлювалася.

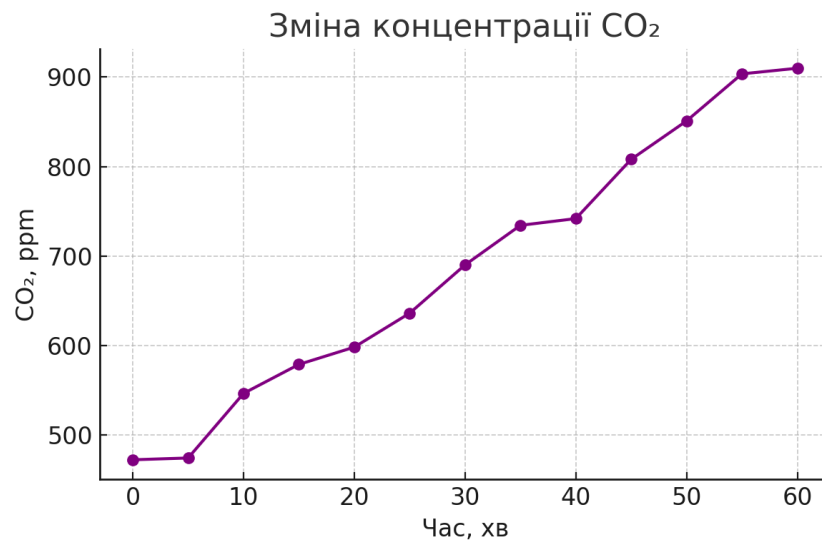


Рисунок 4.4 — Графік зміни концентрації CO₂

Загальні результати тестування підтвердили функціональну цілісність і стабільність роботи всієї системи. Вона здатна безперервно працювати протягом тривалого часу, не втрачаючи точності та зберігаючи синхронність між сенсорами, дисплеєм і Bluetooth-передачею. Таким чином, система готова до практичного застосування як у побуті, так і в навчальному середовищі або для спостереження за мікрокліматом у теплицях, лабораторіях, приміщеннях тощо.

4.3 Аналіз точності та стабільності сенсорів

Аналіз точності та стабільності сенсорів є важливим елементом оцінки ефективності всієї моніторингової системи, оскільки достовірність отриманих даних безпосередньо впливає на прийняття рішень та загальну надійність пристрою. У ході експериментального дослідження було здійснено багатогодинне спостереження за поведінкою сенсорів у різних умовах, а також порівняння їх показників з референтними приладами для виявлення можливих відхилень.

Сенсор DHT22 продемонстрував стабільну роботу в умовах кімнатної температури. В процесі спостережень значення температури коливалися в межах $\pm 0,5$ °C у порівнянні з побутовим термометром, а показники вологості відхилялися в

середньому не більше ніж на 2–3%, що відповідає заявленим технічним характеристикам виробника. Водночас було зафіксовано деяку інертність сенсора у відповідь на різкі зміни температури — наприклад, при піднесенні теплового джерела показник змінювався із затримкою близько 10–15 секунд. Це пояснюється фізичною інерцією сенсора та конструкцією корпусу.

У свою чергу, сенсор АНТ20, який також вимірює температуру і вологість, показав вищу точність і швидшу реакцію на зміни навколишніх умов. Температурні значення були більш стабільними, а розбіжність з референтними даними не перевищувала 0,3 °С. Показники вологості теж відзначалися меншою варіативністю у часі, що свідчить про вищу чутливість і кращу компенсацію внутрішніх шумів. Стабільність роботи АНТ20 дозволяє використовувати його як основний сенсор для контролю мікроклімату, у той час як DHT22 може виконувати роль допоміжного або резервного елемента.

Барометричний сенсор BMP280 демонстрував виняткову стабільність. Показники атмосферного тиску не мали різких коливань, змінюючись поступово відповідно до реальних змін погодних умов. Похибка не перевищувала 1 гПа, що є прийнятним для побутових і напівпрофесійних систем моніторингу. Температурні дані з BMP280 також були наближеними до даних АНТ20, що додатково підтверджує коректність роботи обох сенсорів. Таке дублювання температурного контролю дозволяє не лише підвищити точність, а й реалізувати механізм перехресної перевірки.

Сенсор МН-Z19В, який відповідає за вимірювання рівня вуглекислого газу, проявив себе як чутливий і стабільний прилад. Під час тестування в умовах різного повітрообміну показники змінювались очікувано: зростали при перебуванні людей у закритому приміщенні та знижувалися при провітрюванні. Затримка реакції становила близько 30–60 секунд, що відповідає часу циркуляції повітря в корпусі сенсора. Концентрація CO₂ змінювалася плавно, без різких стрибків або аномальних значень. Стабільність була підтверджена протягом тривалого періоду безперервної роботи: навіть після кількох годин експлуатації сенсор не показував ознак зниження точності чи втрати сигналу.

Загалом, усі сенсори в складі моніторингової станції продемонстрували задовільний рівень точності та стабільності. Найвищу точність температурних і вологісних вимірювань показав АНТ20, тоді як ВМР280 виявився найстабільнішим у вимірюванні атмосферного тиску. МН-Z19В надійно виконував функцію контролю вмісту вуглекислого газу. Усі сенсори продовжували працювати коректно навіть за змінних умов, що свідчить про придатність системи до тривалого використання в реальних середовищах — як у приміщеннях, так і на відкритому повітрі. Отримані результати підтверджують доцільність обраної апаратної конфігурації та програмного забезпечення, що об'єднує ці компоненти в єдину ефективну систему.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено моніторингову станцію з можливістю дистанційного доступу, що дозволяє вимірювати ключові параметри навколишнього середовища — температуру, вологість, атмосферний тиск та концентрацію вуглекислого газу. Система побудована на базі платформи Arduino Uno з використанням таких сенсорів, як DHT22, АНТ20, BMP280 і МН-Z19В, які були інтегровані в єдиний апаратно-програмний комплекс.

Під час розробки було проведено детальний аналіз аналогічних пристроїв, що дозволило обґрунтувати вибір апаратних компонентів та інтерфейсів зв'язку. Особливу увагу було приділено вибору програмного забезпечення, зокрема середовища Arduino IDE, яке забезпечило гнучке та зручне програмування пристрою, а також реалізацію передачі даних через Bluetooth-модуль HC-06. Завдяки цьому користувач отримує доступ до даних моніторингу в реальному часі без необхідності складної інфраструктури або додаткового обладнання.

У рамках тестування пристрій продемонстрував стабільну та надійну роботу впродовж тривалого часу. Сенсори забезпечували достатню точність вимірювання, а програмна логіка дозволяла своєчасно реагувати на зміну умов або можливі помилки зчитування. Проведене експериментальне дослідження показало, що система адекватно реагує на зміну температури, вологості, тиску та рівня CO₂, а також забезпечує зручне представлення результатів як на дисплеї, так і через бездротовий канал зв'язку.

Моніторингова станція, створена у межах цього проєкту, може бути використана як у побутових умовах для контролю мікроклімату приміщення, так і в навчальному процесі як демонстраційна або лабораторна платформа. Вона відзначається низькою вартістю, широкою можливістю адаптації до нових задач, простотою використання та розширення. Зважаючи на тенденції розвитку екологічних технологій та «розумного дому», подібні рішення мають високу актуальність і практичну цінність.

У підсумку можна стверджувати, що поставлені в роботі цілі досягнуто, а

система відповідає вимогам до ефективного, доступного та гнучкого інструменту моніторингу навколишнього середовища. Результати проєкту можуть бути основою для подальших досліджень, розширення функціоналу або впровадження у реальні прикладні рішення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1) Офіційна документація Arduino Uno. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- 2) Даташит на сенсор DHT22 (AM2302). Aosong Electronics. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.aosong.com/en/products-44.html>
- 3) Adafruit AHT20 Temperature & Humidity Sensor Guide. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://learn.adafruit.com/adafruit-aht20>
- 4) Bosch BMP280 Datasheet. Bosch Sensortec. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/pressure-sensors/bmp280/>
- 5) Даташит сенсора MH-Z19B CO₂ Sensor. Winsen Electronics. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.winsen-sensor.com/sensors/co2-sensor/mh-z19b.html>
- 6) Adafruit BMP280 Sensor Library Documentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://github.com/adafruit/Adafruit_BMP280_Library
- 7) Бібліотека MHZ19 для Arduino. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://github.com/WifWaf/MH-Z19>
- 8) Вступ до роботи з інтерфейсом I²C на Arduino. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>
- 9) SoftwareSerial Library Documentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Reference/softwareSerial>
- 10) Книга: Саймон Монк. Програмування для Arduino: покроковий гід. — Київ: Видавництво «Фабула», 2021. — 256 с.
- 11) Іоанн Голованов. Практична електроніка на Arduino. — Харків: Фоліо, 2022. — 320 с.
- 12) Вікіпедія. Протокол I²C. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- 13) Вікіпедія. Протокол UART. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/UART>
- 14) Open-source проект Air Quality Monitoring Station на Arduino.

[Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://create.arduino.cc/projecthub/projects/tags/air-quality>

15) Форум Arduino Community. Тематичні обговорення про роботу з сенсорами DHT22, АНТ20, BMP280, МН-Z19В. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://forum.arduino.cc>

16) World Health Organization (WHO). Air quality guidelines. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

17) EPA (United States Environmental Protection Agency). Indoor Air Quality: Carbon Dioxide. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>

18) Arduino Project Hub – Weather Monitoring Projects. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://create.arduino.cc/projecthub>

19) Довідник: В. М. Самусев. Основи метеорології та кліматології. — Київ: Либідь, 2020. — 240 с.

20) F. Scott. Practical CO₂ Monitoring. — O'Reilly Media, 2019. — 180 p.

ДОДАТОК А

Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н., проф. Азаров О. Д.

_____ 2025 року

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи
«Моніторингова станція з дистанційним доступом»
08-54.БКР.033.00.000 ТЗ

Науковий керівник: к.т.н. доц. каф. ОТ

Крупельницький Л. В.

Студент групи 2КІ-216

Чаповський В. Ю.

1 Підстава для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)

1.1 Актуальність теми пов'язана з потребою в доступних і ефективних системах моніторингу мікроклімату в побутових, освітніх та лабораторних умовах. Поширення мікроконтролерів, таких як Arduino, та сенсорів навколишнього середовища дозволяє створювати прості у реалізації, надійні пристрої з дистанційним доступом. Бакалаврська кваліфікаційна робота виконується відповідно до навчального плану підготовки фахівців і спрямована на практичне застосування знань з електроніки, програмування та побудови вбудованих систем.

1.2 Наказ про затвердження теми БКР.

2 Мета БКР і призначення розробки

2.1 Мета роботи — розробка та дослідження моніторингової станції з дистанційним доступом, яка дозволяє у реальному часі вимірювати параметри мікроклімату — температуру, вологість, атмосферний тиск та рівень вуглекислого газу (CO_2), а також передавати ці дані користувачеві бездротовим способом. Робота має на меті продемонструвати практичне застосування теоретичних знань із мікроконтролерної техніки, сенсорики, схемотехніки, програмування та інтерфейсів передачі даних.

2.2 Призначення розробки — розроблена моніторингова станція призначена для контролю мікроклімату в побутових, навчальних або лабораторних умовах, де важливим є своєчасне виявлення змін температури, вологості повітря, тиску або концентрації CO_2 . Пристрій забезпечує локальне відображення виміряних даних на LCD-дисплеї та передачу інформації на мобільний пристрій або комп'ютер через Bluetooth-модуль. Система може використовуватися як автономно, так і в складі більш складних систем моніторингу — наприклад, у розумному будинку, теплиці, класній кімнаті, офісі або серверному приміщенні. Завдяки своїй модульності, розробка є універсальною та може бути адаптована до різних середовищ експлуатації.

3 Вихідні дані для виконання БКР

3.1 Аналіз існуючих моніторингових станцій.

3.2 Різноманіття сенсорів для збору даних навколишнього середовища.

3.3 Методи підключення та аналізу даних сенсорів.

3.4 Середовище розробки програмного забезпечення.

3.5 Тестування розробленого програмного засобу.

4 Вимоги до виконання БКР

4.1 Аналіз аналогів моніторингових станцій.

4.2 Провести аналіз сенсорних модулів та оцінити їх застосування.

4.3 Розробити апаратну частину.

4.4 Розробити програмне забезпечення для збору та виведення даних сенсорів.

4.5 Експериментальне дослідження пристрою.

5 Етапи БКР та очікувані результати

Етапи роботи та очікувані результати наведено у Таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Етапи БКР

№	Назва та зміст етапу	Строк виконання етапів роботи	Очікуванні результати
1.	Аналіз задачі	13.03.2025 – 14.03.2025	Огляд джерел
2.	Огляд і аналіз джерел інформації	15.03.2025 – 29.03.2025	Розділ 1
3.	Вибір сенсорів для моніторингової станції	01.04.2025 – 14.04.2025	Розділ 2
5.	Підключення і знімання сигналів з сенсорів	15.04.2025 – 31.04.2025	Розділ 3
5.	Реалізація дистанційного доступу	01.05.2025 – 05.05.2025	Розділ 3
6.	Тестування розробленого пристрою	06.05.2025 – 20.05.2025	Розділ 4
7.	Оформлення пояснювальної записки і презентації	21.05.2025 – 02.06.2025	ПЗ, графіч. матеріал і презентація
8.	Підготовка супроводжуючих документів, їх підписування, проходження нормоконтролю та тесту на плагіат	03.06.2025-09.06.2025	Оформлені документи

6 Матеріали, що подаються до захисту БКР

До захисту подаються: пояснювальна записка БКР, ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту БКР на кафедрі, відгук наукового керівника, анотації до БКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення БКР діючим вимогам.

7 Порядок контролю виконання та захисту БКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації БКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист БКР відбувається на засіданні Екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8 Вимоги до оформлювання та порядок виконання БКР

8.1 При оформлювання БКР використовуються:

- ДСТУ 3008: 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;
- ДСТУ 8302: 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;
- методичні вказівки до виконання бакалаврських кваліфікаційних робіт зі спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія» (освітня програма «Комп'ютерна інженерія»). Кафедра обчислювальної техніки ВНТУ 2023;
- документами на які посилаються у вище вказаних.

8.2 Порядок виконання БКР викладено в «Положення про кваліфікаційні роботи на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21

Крупельницький Л. В.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК В
Графічна частина

МОНІТОРИНГОВА СТАНЦІЯ З ДИСТАНЦІЙНИМ ДОСТУПОМ

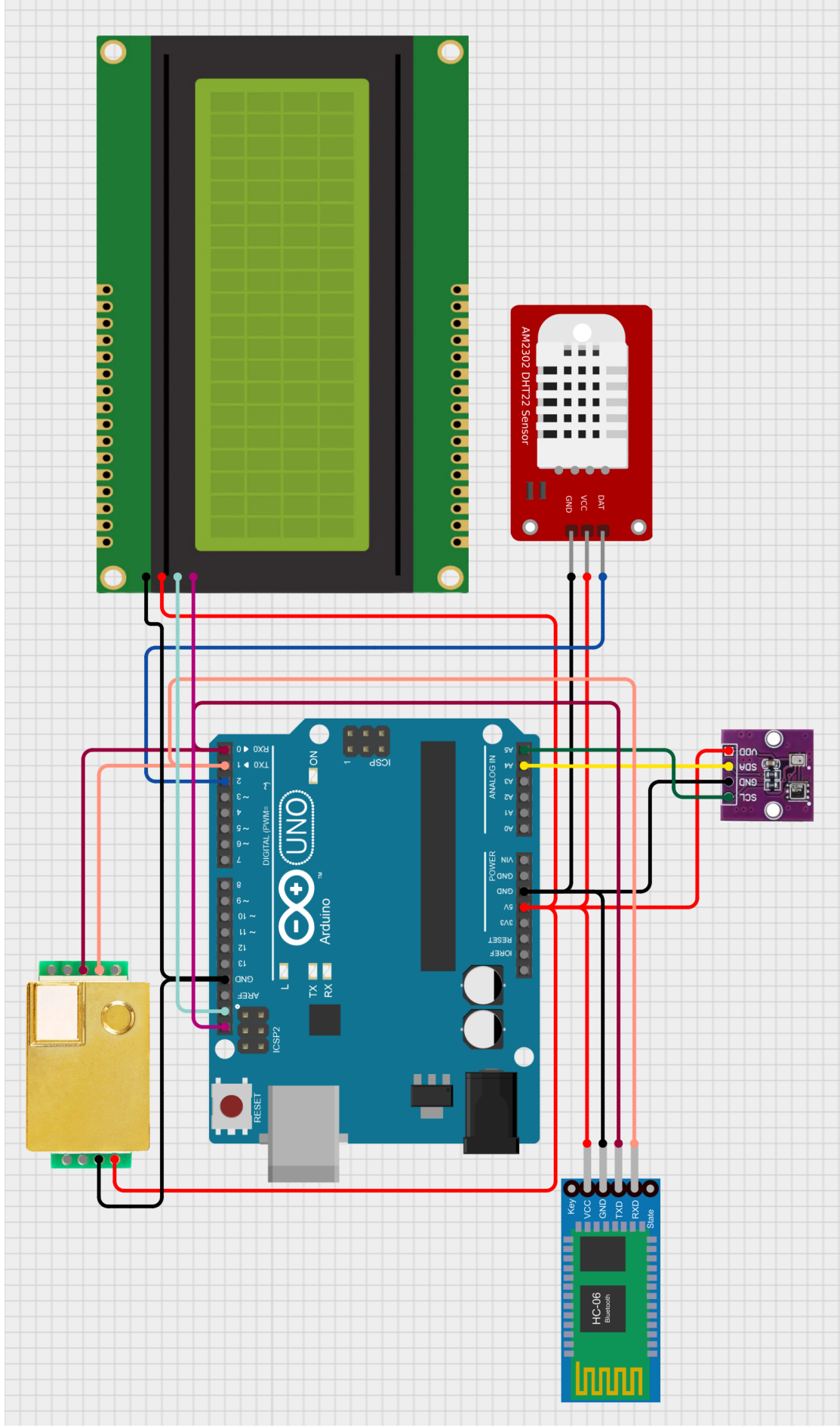


Рисунок В.1 — Графічна схема підключення сенсорів до Arduino Uno

ДОДАТОК В

Ілюстративна частина

МОНІТОРИНГОВА СТАНЦІЯ З ДИСТАНЦІЙНИМ ДОСТУПОМ

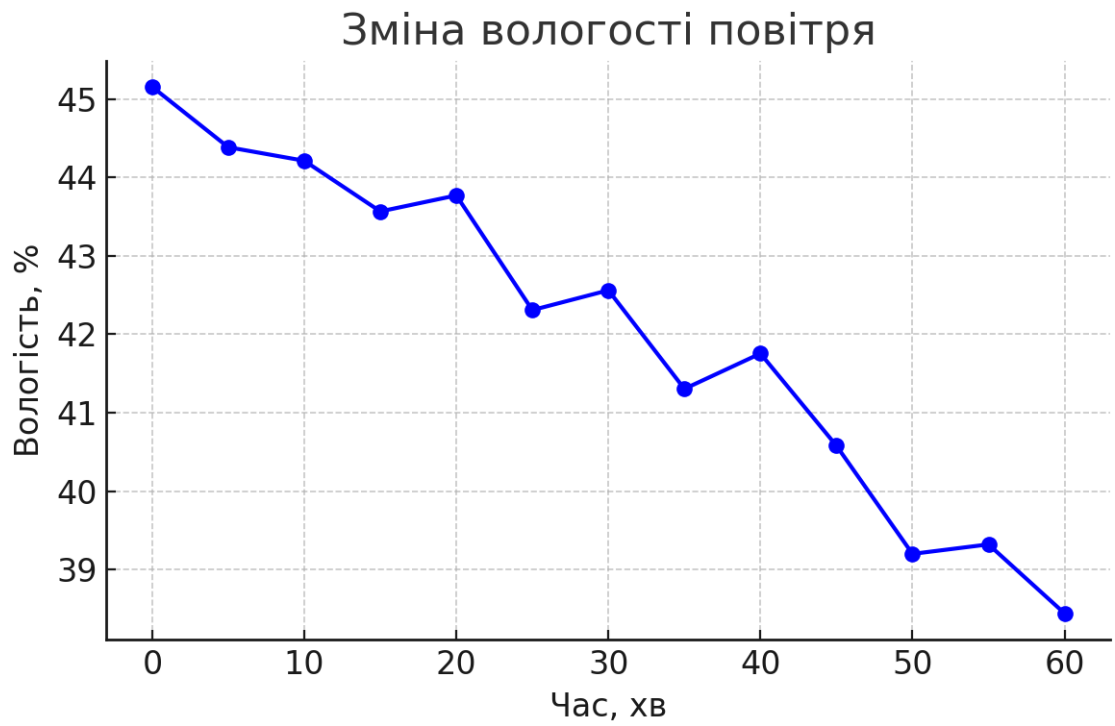


Рисунок Г.1 — Графік зміни вологості повітря

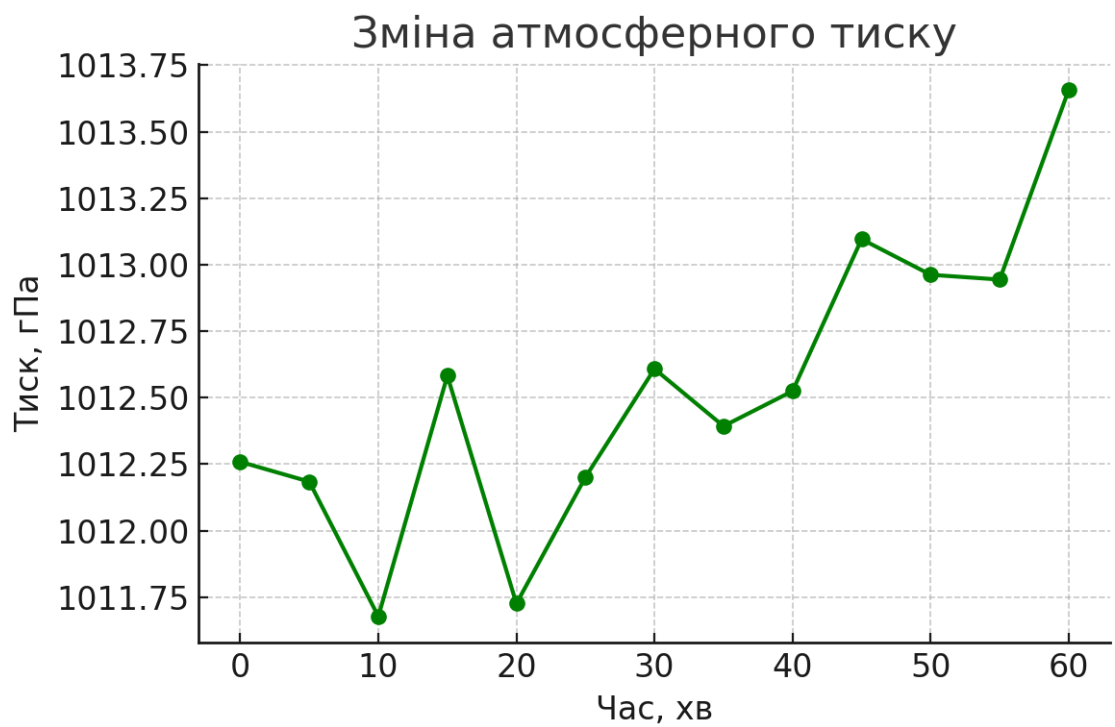


Рисунок Г.2 — Графік зміни атмосферного тиску

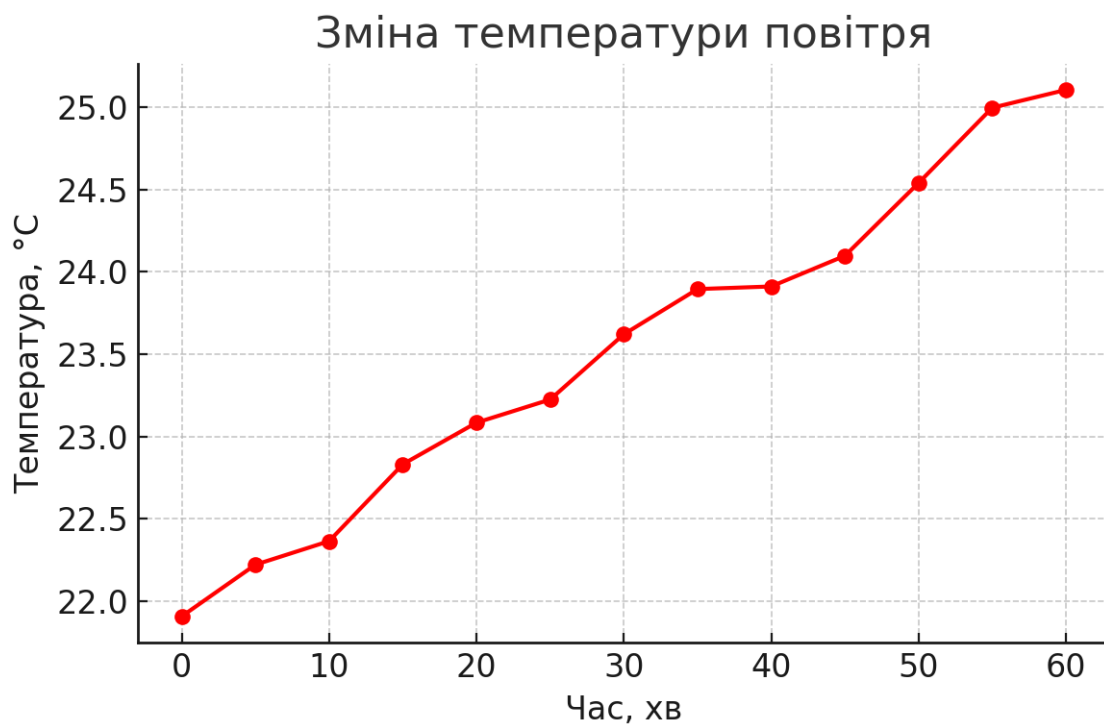


Рисунок Г.3 — Графік зміни температури повітря

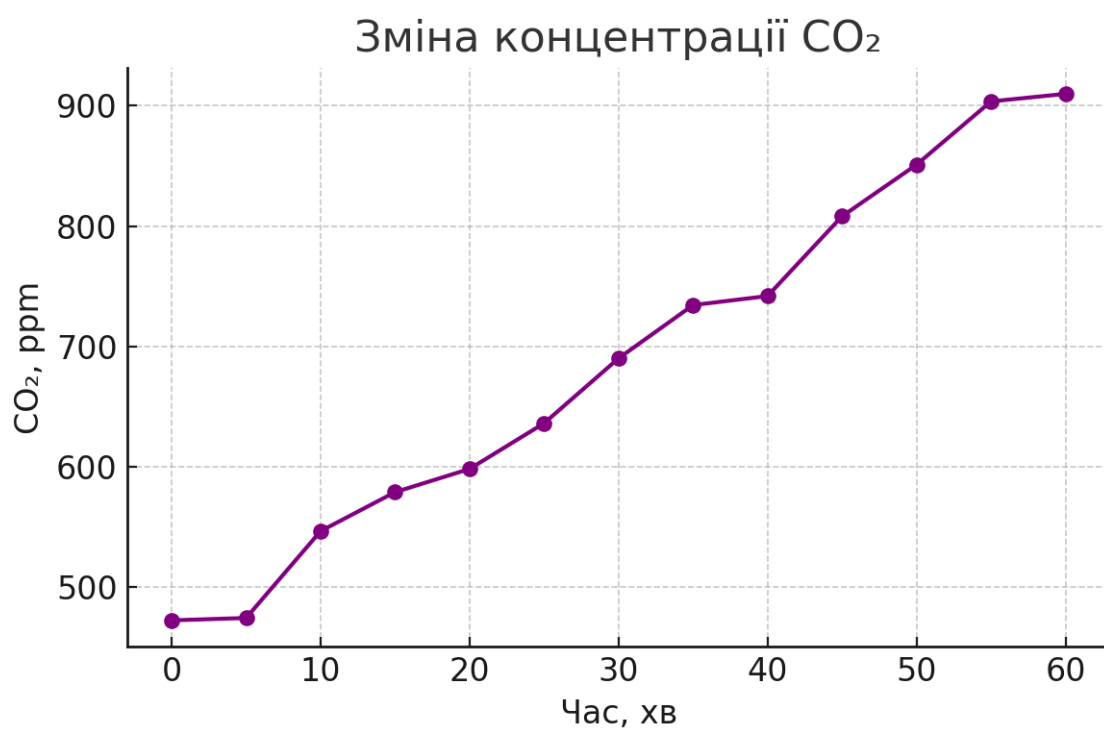


Рисунок Г.4 — Графік зміни концентрації CO₂

ДОДАТОК Д

Лістинг програмного забезпечення

```
#include <DHT.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_AHTX0.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <MHZ19.h>

// DHT22 setup
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// AHT20 setup
Adafruit_AHTX0 aht;

// BMP280 setup
Adafruit_BMP280 bmp;

// MH-Z19B setup
#define MHZ19_RX 10
#define MHZ19_TX 11
SoftwareSerial mhz19Serial(MHZ19_RX, MHZ19_TX);
MHZ19 mhz19;

// Bluetooth setup (same SoftwareSerial pins as MH-Z19B can't be shared)
#define BT_RX 8
#define BT_TX 9
SoftwareSerial bluetooth(BT_RX, BT_TX);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  bluetooth.begin(9600);

  dht.begin();

  if (!aht.begin()) {
    Serial.println("AHT20 not found");
  }

  if (!bmp.begin(0x76)) {
    Serial.println("BMP280 not found");
  }
}
```

```

    }

    mhz19Serial.begin(9600);
    mhz19.begin(mhz19Serial);
    mhz19.autoCalibration();

    Serial.println("Monitoring Station Started");
}
void loop() {
    // DHT22 readings
    float dhtTemp = dht.readTemperature();
    float dhtHum = dht.readHumidity();
    // AHT20 readings
    sensors_event_t humidity, temp;
    aht.getEvent(&humidity, &temp);
    // BMP280 readings
    float bmpTemp = bmp.readTemperature();
    float pressure = bmp.readPressure() / 100.0F; // hPa
    // MH-Z19B readings
    int co2ppm = mhz19.getCO2();
    // Data output to Serial Monitor
    Serial.print("DHT22 Temp: "); Serial.print(dhtTemp); Serial.print("°C Hum: ");
    Serial.print(dhtHum); Serial.println("%");
    Serial.print("AHT20 Temp: "); Serial.print(temp.temperature); Serial.print("°C
    Hum: "); Serial.print(humidity.relative_humidity); Serial.println("%");
    Serial.print("BMP280 Temp: "); Serial.print(bmpTemp); Serial.print("°C
    Pressure: "); Serial.print(pressure); Serial.println(" hPa");
    Serial.print("CO2: "); Serial.print(co2ppm); Serial.println(" ppm");

    // Compose Bluetooth message
    String data = "DHT22_T=" + String(dhtTemp) + "C | DHT22_H=" +
    String(dhtHum) + "% | ";
    data += "AHT20_T=" + String(temp.temperature) + "C | AHT20_H=" +
    String(humidity.relative_humidity) + "% | ";
    data += "BMP280_T=" + String(bmpTemp) + "C | Pressure=" + String(pressure) +
    "hPa | ";
    data += "CO2=" + String(co2ppm) + "ppm";
    // Send data to Bluetooth
    bluetooth.println(data);
    delay(5000); // Update every 5 seconds
}

```