

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ

Група КІ-21-1

Горинь Михайло

2023

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Горинь Михайло Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.7

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**Розробка побутової метеостанції для моніторингу
погодних параметрів на основі мікроконтролера ATmega28**

Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

123 – комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач освітнього ступеня Горинь М. М.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Бузоверя Надія Геннадіївна, к.т.н., доцент
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КСМ

д.т.н., проф. С. І. Мельничук
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

5. Консультанти по дипломній роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

6. Дата видачі завдання 29 січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Визначення теми дипломної роботи</i>	<i>20.02.25 – 28.02.25</i>	Виконано
2	<i>Збір інформації. Дослідження предметної області</i>	<i>01.03.25 – 31.03.25</i>	Виконано
3	<i>Формування першого розділу пояснювальної записки</i>	<i>01.04.25 – 15.04.25</i>	Виконано
4	<i>Формування другого розділу пояснювальної записки</i>	<i>16.04.25 – 30.04.25</i>	Виконано
5	<i>Формування третього розділу пояснювальної записки</i>	<i>01.05.25 – 31.05.25</i>	Виконано
6	<i>Оформлення роботи</i>	<i>01.06.25 – 10.06.25</i>	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Горинь М.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бузоверя Н.Г.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто процес розробки та реалізації мікроконтролерної метеостанції для побутового застосування. Метою дослідження є створення надійного, енергоефективного та функціонального пристрою для вимірювання основних атмосферних параметрів – температури, вологості, атмосферного тиску та висоти над рівнем моря – із подальшим локальним виводом інформації на дисплей та дистанційною передачею даних на мобільний пристрій. У роботі виконано аналіз сучасних метеоприладів, обґрунтовано вибір апаратної платформи (Arduino Nano), сенсорних модулів (HDC1080, BMP280, DS1307), розроблено електричну принципову схему, створено програмне забезпечення системи з реалізацією логіки візуального інтерфейсу у середовищі MIT App Inventor. Запропоноване рішення дозволяє здійснювати стабільний кліматичний моніторинг у режимі реального часу та може бути використане в умовах побуту, освіти або в межах систем розумного дому. Робота супроводжується технічно обґрунтованими схемами, блок-діаграмами, кодом програми та результатами моделювання.

Ключові слова: цифровий сенсор атмосферного тиску та висоти, датчик температури, дистанційний моніторинг, метеостанції.

ABSTRACT

The work considers the process of developing and implementing a microcontroller weather station for domestic use. The purpose of the research is to create a reliable, energy-efficient and functional device for measuring the main atmospheric parameters – temperature, humidity, atmospheric pressure and altitude – with subsequent local display of information on the display and remote data transmission to a mobile device. The work analyzes modern weather instruments, justifies the choice of the hardware platform (Arduino Nano), sensor modules (HDC1080, BMP280, DS1307), develops an electrical schematic diagram, and creates system software with the implementation of the visual interface logic in the MIT App Inventor environment. The proposed solution allows for stable climate monitoring in real time and can be used in everyday life, education or within smart home systems. The work is accompanied by technically sound schemes, block diagrams, program code and modeling results.

Keywords: digital atmospheric pressure and altitude sensor, temperature sensor, remote monitoring, weather stations.

ЗМІСТ

	ВСТУП	5
1	СУЧАСНІ ПОБУТОВІ МЕТЕОСТАНЦІЇ, ЇХНІ ТИПИ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ	7
1.1	Поняття та призначення побутової метеостанції	7
1.2	Класифікація побутових метеостанцій	7
1.2.1	Аналогові метеостанції	8
1.2.2	Цифрові метеостанції	8
1.2.3	Смарт-метеостанції	9
1.2.4	Безпроводні сенсори	10
1.2.5	Інтернет-підключення	11
1.3	Огляд типових моделей побутових метеостанцій	13
	Висновок до розділу	18
2	РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ	19
2.1	Структурна побудова системи та особливості її функціонування	19
2.2	Вибір апаратних засобів для проєкту	20
2.3	Аналіз архітектур і обґрунтування вибору керуючого пристрою	22
2.4	Характеристики сенсорних модулів і пристроїв	24
2.5	Електрична реалізація апаратної частини пристрою	28
2.6	Розрахунок надійності системи мікроконтролерної метеостанції	33
	Висновок до розділу	35
3	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДУЛІВ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ МЕТЕОСТАНЦІЇ	36
3.1	Створення логіки функціонування системи	35

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Горинь М.М.			Розробка побутової метеостанції для моніторингу погодних параметрів на основі мікроконтролера ATmega28			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бузоверя Н.Г.						3		
Реценз.								ІФНТУНГ, КІ-21-1		
Н. Контр.		Лазорів А.М.								
Затверд.		Мельничук С.І.								

3.2 Основні функціональні блоки коду	38
3.2.1 Ініціалізація компонентів	38
3.2.2 Зчитування даних	40
3.2.3 Передача та вивід даних	40
3.2.4 Обробка та форматування даних для виводу на дисплей	42
3.3 Розробка додатку для ОС Android	46
3.4 Тестування метеостанції та додатку	51
Висновок до розділу	52
ВИСНОВКИ	53
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55
ДОДАТКИ	
Бібліографічна довідка	

ВСТУП

Актуальність теми. Моніторинг погодних умов є важливою складовою багатьох галузей людської діяльності, серед яких можна виділити сільське господарство, енергетику, будівництво, транспорт, туризм, екологічний моніторинг і побутову сферу. Своєчасне отримання точних даних про стан навколишнього середовища дозволяє приймати обґрунтовані рішення, забезпечувати безпеку та оптимізувати виробничі процеси. На тлі глобальних змін клімату, збільшення кількості екстремальних погодних явищ та зростання уваги до екологічних питань спостерігається постійне підвищення попиту на засоби локального контролю метеорологічних параметрів. Однак професійні метеорологічні станції зазвичай є громіздкими, складними в обслуговуванні та дорогими для індивідуального чи малого використання.

Водночас розвиток мікроконтролерних технологій, зокрема платформ типу Arduino, відкрив нові можливості для створення доступних, компактних і функціональних метеостанцій на основі сучасних сенсорів. Такі системи можуть бути швидко адаптовані під конкретні потреби користувача, інтегровані у смарт-системи "розумного дому" та застосовані для навчання студентів технічних спеціальностей. Використання цифрових сенсорів температури, вологості, тиску та висоти дозволяє досягти високої точності вимірювань при відносно невеликій вартості проєкту. Додатково застосування модулів реального часу та засобів бездротового зв'язку, таких як Bluetooth, дає можливість створення автономних систем збору даних із можливістю віддаленого моніторингу та інтеграції у мобільні додатки.

Особливо важливим є той факт, що проєктування подібних систем розвиває у виконавців навички електроніки, програмування мікроконтролерів, обробки даних та побудови інтегрованих апаратно-програмних комплексів. Це відповідає сучасним вимогам до технічної освіти та підготовки кваліфікованих кадрів для ІТ-галузі, промисловості та науково-дослідних установ. Таким чином, розробка

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

мікроконтролерної метеорологічної станції для моніторингу основних атмосферних параметрів є актуальною задачею, що має як практичну, так і навчально-методичну цінність у контексті розвитку сучасних технологій та забезпечення сталого розвитку суспільства.

Мета бакалаврської роботи – розробити та реалізувати мікроконтролерну метеорологічну станцію для моніторингу основних атмосферних параметрів, таких як температура повітря, відносна вологість, атмосферний тиск та висота над рівнем моря, із забезпеченням локального відображення інформації на LCD-дисплеї та передаванням даних через Bluetooth-з'єднання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз сучасних доступних технологій для побудови компактних метеорологічних станцій на основі мікроконтролерів;
- дослідити принципи роботи сенсорів HDC1080, BMP280, реального часу DS1307, сенсорного модуля TTP223 та Bluetooth-модуля HC-06;
- розробити електричну схему підключення компонентів до мікроконтролера Arduino;
- розробити програмне забезпечення для збору, обробки та відображення даних на LCD-дисплеї;
- забезпечити можливість бездротової передачі вимірюваних параметрів через Bluetooth-модуль;
- перевірити працездатність системи та провести тестування точності вимірювань.

Об'єкт дослідження. Процес вимірювання, збору, обробки та передачі метеорологічних параметрів за допомогою вбудованих мікропроцесорних засобів.

Предмет дослідження. Апаратно-програмний комплекс мікроконтролерної метеостанції, побудований на основі Arduino Nano з використанням цифрових сенсорів, модулів зв'язку та систем виводу інформації.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 СУЧАСНІ ПОБУТОВІ МЕТЕОСТАНЦІЇ, ЇХНІ ТИПИ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ

1.1 Поняття та призначення побутової метеостанції

Побутова метеостанція – це електронний пристрій або система, призначена для вимірювання, збереження та відображення основних атмосферних параметрів у межах локального середовища. Такий пристрій дозволяє користувачам у режимі реального часу контролювати мікроклімат у приміщенні або на вулиці, що особливо важливо у побуті, сільському господарстві, туризмі та енергозбереженні.

Основне призначення побутових метеостанцій полягає у забезпеченні доступу до оперативної інформації про температуру, вологість, атмосферний тиск, а іноді й додаткових показників – рівня ультрафіолетового випромінювання, сили та напрямку вітру, кількості опадів, фази Місяця тощо. Отримані дані дають змогу приймати обґрунтовані рішення щодо провітрювання, обігріву, зволоження повітря, сівозміни чи планування активностей на відкритому повітрі.

Сучасні метеостанції відзначаються зручністю у користуванні, компактними розмірами, автономністю та можливістю інтеграції з мобільними додатками. Завдяки цьому вони стали поширеним елементом побутової електроніки, орієнтованої на розумний дім та екологічно відповідальне середовище проживання.

1.2 Класифікація побутових метеостанцій

Сучасні побутові метеостанції відрізняються за принципом дії, способом передачі даних, рівнем автоматизації та інтерфейсом взаємодії з користувачем. З урахуванням цих ознак їх можна класифікувати на такі основні типи.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2.1 Аналогові метеостанції

Аналогові метеостанції є найстарішим і найбільш традиційним типом пристроїв для спостереження за погодними умовами. Їхня конструкція базується на механічних або фізичних принципах вимірювання без використання електроніки. Типова аналогова метеостанція складається з трьох основних приладів: термометра для вимірювання температури повітря, барометра для визначення атмосферного тиску та гігromетра для контролю вологості. У деяких моделях також можуть бути встановлені анемометри для вимірювання швидкості вітру або пльвіометри для фіксації кількості опадів. Принцип роботи аналогових приладів базується на зміні фізичних властивостей певних матеріалів або механічних систем: наприклад, барометр-анероїд використовує деформацію пружної металевої коробки при зміні тиску, а гігromетр на основі людського волосся фіксує зміну довжини волосини в залежності від вологості повітря. Основними перевагами аналогових метеостанцій є їхня автономність, оскільки вони не потребують електроживлення, простота експлуатації, довговічність та естетичний вигляд, що дозволяє використовувати їх також як елементи інтер'єру. Проте аналогові пристрої мають і певні недоліки: обмежену точність вимірювань у порівнянні з цифровими моделями, необхідність регулярного калібрування та відсутність можливості автоматичної реєстрації або збереження даних. Незважаючи на це, аналогові метеостанції залишаються популярними серед шанувальників класичних технологій, а також у випадках, коли необхідна надійна робота в умовах відсутності електропостачання або Інтернет-зв'язку [1].

1.2.2 Цифрові метеостанції

Цифрові метеостанції є найпоширенішим типом пристроїв для побутового використання завдяки своїй універсальності, точності та широкому набору функцій. На відміну від аналогових моделей, цифрові метеостанції використовують електронні сенсори для збору даних про погодні параметри, а результати вимірювань відображаються на рідкокристалічних (LCD) або

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

світлодіодних (LED) дисплеях. Основними характеристиками цифрових метеостанцій є можливість одночасного вимірювання кількох показників: температури та вологості повітря (як у приміщенні, так і на вулиці), атмосферного тиску, кількості опадів, швидкості та напрямку вітру. Багато моделей оснащені функцією прогнозу погоди, графічним відображенням змін кліматичних умов, а також вбудованим годинником, календарем і будильником. Значною перевагою цифрових метеостанцій є можливість зберігання історії даних, побудови графіків зміни погодних параметрів та встановлення порогових значень для активації сигналів тривоги при несприятливих погодних умовах. Сучасні цифрові пристрої часто мають безпроводні зовнішні сенсори, що дозволяє розміщувати їх на великій відстані від основного модуля, забезпечуючи точність і зручність збору даних. До недоліків цифрових метеостанцій можна віднести залежність від джерел живлення, обмежений термін служби батарейок або акумуляторів, а також необхідність періодичної перевірки та оновлення програмного забезпечення у разі наявності Інтернет-функцій. Незважаючи на це, цифрові метеостанції залишаються найкращим вибором для тих користувачів, які цінують зручність, функціональність та бажають отримувати максимально повну інформацію про погодні умови в режимі реального часу [2].

1.2.3 Смарт-метеостанції

Смарт-метеостанції представляють собою новітній етап розвитку побутових метеорологічних пристроїв, поєднуючи високоточні сенсори, можливості безпроводної передачі даних та інтеграцію з сучасними цифровими технологіями. Основною особливістю смарт-метеостанцій є їхня здатність підключатися до Інтернету за допомогою Wi-Fi або мобільних мереж, що дозволяє користувачам отримувати доступ до своїх даних у реальному часі з будь-якої точки світу через спеціальні мобільні додатки або вебпортали. Такі метеостанції зазвичай мають розширений набір функцій: окрім стандартних показників температури, вологості, тиску, швидкості та напрямку вітру, вони можуть вимірювати рівень

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ультрафіолетового випромінювання, концентрацію вуглекислого газу, індекс якості повітря та навіть кількість сонячної радіації. Завдяки інтеграції зі смарт-системами дому, такими як Google Home, Amazon Alexa або Apple HomeKit, смарт-метеостанції можуть автоматично регулювати роботу кондиціонерів, систем обігріву, вентиляції та зрошення, забезпечуючи максимальний комфорт та економію ресурсів. Ще однією важливою перевагою є можливість аналізу погодних даних за тривалі періоди, створення прогнозів на основі великих обсягів локальної інформації та отримання попереджень про екстремальні погодні умови. Серед недоліків смарт-метеостанцій варто відзначити вищу вартість порівняно з аналоговими та звичайними цифровими моделями, необхідність стабільного Інтернет-з'єднання, а також потребу у регулярному оновленні програмного забезпечення для підтримки безпеки даних та правильного функціонування пристроїв. Незважаючи на це, смарт-метеостанції стають все популярнішими завдяки своїй багатофункціональності, високій точності та можливості інтеграції у сучасний стиль життя, орієнтований на зручність, екологічність та технологічний прогрес [3].

1.2.4 Безпроводні сенсори

Безпроводні сенсори є однією з найбільш вагомих технологічних переваг сучасних метеостанцій. Вони дозволяють розміщувати вимірювальні модулі на значній відстані від основного блоку без необхідності прокладання дротів. Типовий радіус дії безпроводних сенсорів складає від 30 до 300 метрів залежно від моделі пристрою та умов навколишнього середовища. В основі роботи таких сенсорів лежить використання радіочастотного зв'язку (зазвичай у діапазоні 433МГц або 868МГц) або технологій Wi-Fi та Bluetooth. Безпроводні сенсори можуть вимірювати температуру, вологість, атмосферний тиск, кількість опадів, швидкість і напрямок вітру, ультрафіолетове випромінювання тощо. Вони живляться здебільшого від батарейок, що забезпечує їхню автономність протягом кількох місяців або навіть років роботи. Завдяки такій технології користувачі

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

можуть легко розміщувати сенсори у різних зонах – на підвір'ї, на даху, у теплиці або в господарських спорудах – для отримання локальних даних, що особливо важливо для забезпечення точного прогнозу або для ведення сільськогосподарської діяльності [4].

1.2.5 Інтернет-підключення

Інтернет-підключення стало ще одним важливим кроком у розвитку побутових метеостанцій. Завдяки цій функції користувач отримує можливість переглядати дані зі своєї метеостанції у реальному часі через мобільний додаток або вебінтерфейс незалежно від свого місцезнаходження. Більшість сучасних моделей використовують Wi-Fi-з'єднання для передавання інформації на сервери виробника або у хмарні сервіси, що дозволяє не лише переглядати поточні дані, а й аналізувати їх за певний період часу. Крім того, деякі пристрої підтримують автоматичну публікацію даних на погодних платформах, таких як Weather Underground або WeatherCloud, що дозволяє користувачам долучитися до глобальних мереж моніторингу погоди. Інтеграція з системами "розумного дому" відкриває можливість автоматичного регулювання роботи кондиціонерів, систем зрошення або обігрівачів на основі актуальних метеоданих. Інтернет-підключення також забезпечує отримання автоматичних оновлень програмного забезпечення пристроїв, підвищуючи їхню функціональність та безпеку. Таким чином, можливість підключення до Інтернету перетворює побутову метеостанцію на багатофункціональну екосистему для контролю клімату, яка значно спрощує життя користувача і дозволяє краще адаптуватися до змін навколишнього середовища [5].

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця типів метеостанцій

Критерій	Аналогові метеостанції	Цифрові метеостанції	Смарт-метеостанції
Принцип роботи	Механічний, фізичний	Електронні сенсори	Електронні сенсори + Інтернет

Джерело живлення	Не потребують	Батарейки, даптери	Батарейки, мережа, акумулятори
Тип відображення даних	Стрілочні показчики	PK/LED-дисплей	Додатки, дисплеї, Інтернет
Набір функцій	Базові температура, тиск, вологість)	Розширені (погода, вітер, опади)	Максимальний (якість повітря, UV, інтеграція в 'розумний дім')
Збереження даних	Немає	Частково (пам'ять пристрою)	Повне збереження в хмарі
Мобільність даних	Відсутня	Локальний ерегляд	Доступ з будь-якої точки світу
Вартість	Низька	Середня	Висока
Надійність при відсутності електрики	Висока	Середня	Низька при втраті живлення

У ході аналізу сучасних побутових метеостанцій було виявлено, що вони значно різняться між собою за принципом роботи, технічними характеристиками та функціональними можливостями. Аналогові метеостанції, засновані на механічних принципах, вирізняються простотою та надійністю, однак поступаються за точністю та кількістю функцій сучасним цифровим моделям. Цифрові метеостанції забезпечують зручне відображення результатів вимірювань, надають розширені можливості для збору та аналізу даних, що робить їх універсальним вибором для більшості користувачів. Найбільш технологічно розвиненим рішенням є смарт-метеостанції, які інтегруються у системи розумного дому, підтримують віддалений доступ до даних і автоматизацію управління мікрокліматом. Попри вищу вартість, такі пристрої пропонують максимальну функціональність і комфорт для користувача. Таким чином, вибір типу метеостанції залежить від індивідуальних потреб, бюджету та рівня технологічної готовності користувача до роботи з сучасними цифровими системами. Перспективи розвитку побутових метеостанцій пов'язані із подальшим удосконаленням сенсорних технологій, розширенням можливостей інтеграції з

"розумним будинком" та підвищенням енергоефективності пристроїв.

1.3 Огляд типових моделей побутових метеостанцій

На сучасному ринку представлено широкий асортимент побутових метеостанцій, які відрізняються за функціональністю, дизайном, можливостями підключення та ціновим діапазоном. Серед найбільш популярних брендів варто виділити такі компанії, як Netatmo, TFA Dostmann, Bresser, Oregon Scientific, Xiaomi та GARNI. Аналіз цих моделей дозволяє виявити ключові тенденції розвитку побутових метеостанцій.

Одним із яскравих прикладів є Netatmo Weather Station (рис. 1.1), яка підтримує повноцінну інтеграцію з розумним домом, має безпроводні модулі для вулиці та приміщення, фіксує температуру, вологість, рівень CO₂, шумове забруднення та атмосферний тиск.



Рисунок 1.1 – Погодна станція Netatmo Weather Station

Всі дані надсилаються на смартфон користувача через спеціальний мобільний додаток. Netatmo також пропонує модулі для вимірювання швидкості вітру та кількості опадів, що робить систему надзвичайно гнучкою і розширюваною [6].

TFA Dostmann Weatherhub (рис. 1.2) є прикладом універсальної цифрової метеостанції середнього класу. Вона оснащена датчиками температури, вологості

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

та опадів, підтримує безпроводну передачу даних на базову станцію, має зручний інтерфейс із великим дисплеєм та можливістю віддаленого моніторингу за допомогою мобільного застосунку.



Рисунок 1.2 – Цифрова метеостанція TFA Dostmann Weather hub

Технологія Weather Hub Smart Home System включає в себе спеціалізоване програмне забезпечення для Android та iOS смартфонів, спеціально розроблені пристрої (мобільний шлюз, метеостанції, датчики), а також хмарне сховище даних (хмарний сервер). Кожне пристрій (крім мобільного шлюзу) має персональний цифровий код, за допомогою якого пристрій реєструється в додатку Weather Hub і на хмарному сервері. Процес реєстрації пристроїв максимально спрощений і не вимагає особливих навичок [7].

Bresser Weather Center 5-in-1 (рис. 1.3) вирізняється наявністю комбінованого зовнішнього датчика, що одночасно вимірює температуру, вологість, швидкість та напрямок вітру, а також кількість опадів.



Рисунок 1.3 – Професійна метеостанція Bresser Weather Center 5-in-1

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Завдяки цьому зразку користувач отримує повноцінний комплекс погодних показників із можливістю збереження історичних даних для подальшого аналізу. Дані збираються з бездротових датчиків, які можна підключати до основного модуля по радіоканалу або через мережу Wi-Fi. Зв'язок підтримується на відстані до 150 метрів. Функціонал станції дозволяє переглядати дані на смартфоні, планшеті або комп'ютері. Вся інформація про погоду виводиться на яскравий кольоровий екран метеостанції. Крім поточних показників метеостанція буде графіки прогнозів [8].

Oregon Scientific BAR208HGX — класична цифрова метеостанція з кольоровим дисплеєм, прогнозом погоди на основі змін тиску, попередженнями про небезпечні погодні явища та можливістю підключення додаткових зовнішніх датчиків. Вона орієнтована на користувачів, які цінують простоту та надійність.



Рисунок 1.4 – Класична цифрова метеостанція
Oregon Scientific BAR208HGX

З попереджувальних сигналів є інформаційний блок з попередженнями про можливі погодні умови: спеку, сильний вітер, шторм, туман, мороз, а також зелений світлодіодний індикатор, який буде попереджати про можливий мороз [9].

Xiaomi Mi Temperature and Humidity Monitor 2 (рис. 1.5) є мінімалістичним рішенням для тих, хто потребує лише базової інформації про температуру та

вологість. Пристрій підтримує підключення до мобільного застосунку через Bluetooth, що дозволяє вести історію вимірювань у зручній формі.



Рисунок 1.5 – Xiaomi Mi Temperature and Humidity Monitor 2

Xiaomi Miija Bluetooth Hygrothermograph 2 - датчик з низьким енергоспоживанням оснащений високоточним сенсором, який фіксує найменші зміни у показниках температури та вологості повітря [10].

GARNI 545 Line (рис. 1.6) метеостанція з барометром, годинником, будильником та передачею даних від зовнішнього датчика до основного блоку через радіоканал на великій відстані.



Рисунок 1.6 – Метеостанція GARNI 545 Line

Аналіз показує, що більшість сучасних побутових метеостанцій орієнтовані на зручність користування, багатofункціональність, високу точність вимірювань

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

та можливість інтеграції у цифрову екосистему користувача. Вибір конкретної моделі залежить від індивідуальних потреб: базового контролю за температурою, отримання повного комплексу метеоданих або повної інтеграції у "розумний дім" (див. Додаток А).

Однією з ключових характеристик сучасних побутових метеостанцій є наявність розвинених технічних можливостей, які забезпечують високу точність вимірювань, зручність експлуатації та розширені функціональні можливості пристроїв. Серед них особливу увагу привертають безпроводні сенсори та можливість Інтернет-підключення, що дозволяє значно розширити сферу використання метеостанцій у побуті.

Проведений аналіз сучасних моделей побутових метеостанцій показав, що на ринку представлено велику кількість пристроїв із різними характеристиками, рівнем функціональності та ціновими категоріями. Найбільш функціональні моделі, такі як Netatmo Weather Station чи Bresser 5-in-1, забезпечують розширений моніторинг метеоумов і інтегруються з мобільними додатками та системами «розумного дому», однак мають досить високу вартість, що обмежує їх доступність для широкого кола користувачів. З іншого боку, бюджетні моделі, як-от Xiaomi Mi Temperature & Humidity Monitor 2, є зручними для локального контролю окремих параметрів, але не забезпечують комплексного аналізу погодних умов або передавання даних на відстані. Крім того, більшість готових пристроїв не дозволяють адаптацію під індивідуальні потреби користувача чи розширення функцій. У зв'язку з цим запропоновано розробити власну мікроконтролерну метеостанцію на основі Arduino, яка забезпечуватиме збір основних атмосферних параметрів (температура, вологість, тиск, час) та надаватиме можливість локального виводу інформації, бездротового передавання даних і гнучкого розширення функціональності. Такий підхід дозволяє створити економічно доступний, адаптований та технологічно гнучкий пристрій для моніторингу погодних умов у побутових умовах.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Висновок до розділу

У ході досліджено сучасні побутові метеостанції, їхні типи, функціональні можливості та технічні особливості. Аналіз показав, що побутові метеостанції відіграють важливу роль у забезпеченні комфорту, безпеки та енергоефективності у повсякденному житті людини. Серед основних типів пристроїв виділяються аналогові, цифрові та смарт-метеостанції, кожен з яких має свої переваги й недоліки залежно від потреб користувача. Особливу увагу було приділено вивченню технічних можливостей сучасних моделей, таких як Netatmo Weather Station, Bresser Weather Center 5-in-1, TFA Dostmann Weatherhub, Oregon Scientific BAR208HGX та Xiaomi Mi Temperature and Humidity Monitor 2. Було встановлено, що найважливішими тенденціями розвитку побутових метеостанцій є впровадження безпроводних сенсорів та функцій Інтернет-підключення, що значно розширює можливості пристроїв і полегшує їх інтеграцію у "розумні" екосистеми. Запропоновано розробити мікроконтролерну метеостанцію на основі Arduino, яка забезпечуватиме збір основних атмосферних та надаватиме виводу інформації, бездротового передавання даних і гнучкого розширення функціональності.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛУ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ МЕТЕОСТАНЦІЇ

2.1 Структурна побудова системи та особливості її функціонування

Структурна схема мікроконтролерної метеостанції (рис. 2.1) ілюструє взаємозв'язок основних функціональних модулів системи та визначає загальну логіку їхньої роботи. Система складається з таких основних блоків: модуль збору даних, блок обробки даних, блок відображення інформації та блок передавання даних. Центральним елементом системи є мікроконтролер Arduino Nano або Uno, який виконує збір, обробку та управління інформаційними потоками між іншими модулями.

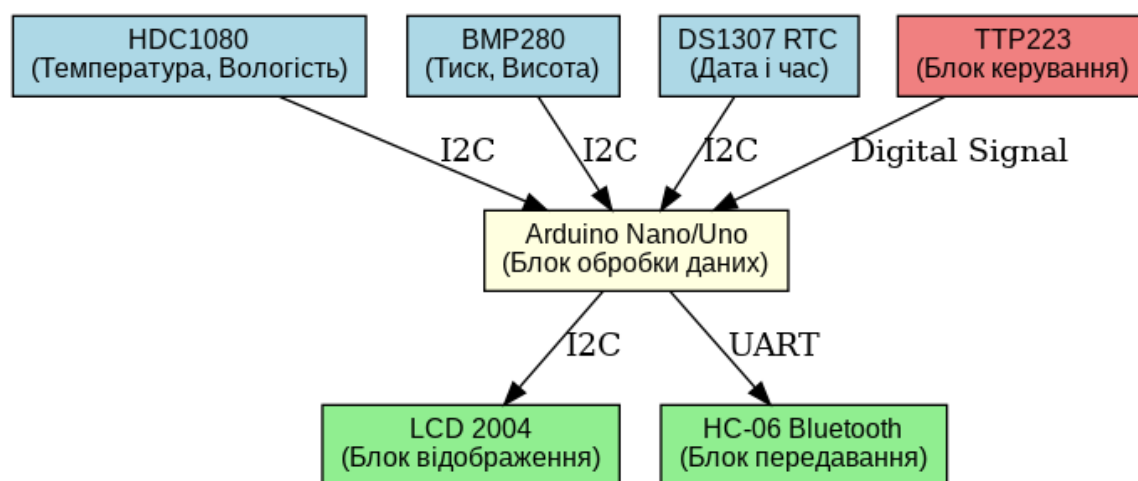


Рисунок 2.1 – Структурна схема мікроконтролерної метеостанції

До модуля збору даних підключаються цифрові сенсори: HDC1080 для вимірювання температури і вологості повітря, BMP280 для вимірювання атмосферного тиску і визначення висоти над рівнем моря, а також модуль реального часу DS1307 для відстеження точного часу і дати вимірювань. Усі ці сенсори використовують інтерфейс I²C для обміну даними з мікроконтролером,

що дозволяє мінімізувати кількість проводів і спрощує конструкцію пристрою.

Блок обробки даних на базі Arduino здійснює прийом інформації від сенсорів, обчислення похідних параметрів (наприклад, висоти над рівнем моря на основі тиску), форматування даних для відображення і передавання. За результатами обробки дані виводяться у блок відображення інформації — рідкокристалічний дисплей LCD 2004, який забезпечує зручне локальне представлення основних метеорологічних показників для користувача.

Крім локального відображення даних, метеостанція має можливість передавання інформації через бездротовий зв'язок завдяки модулю HC-06 Bluetooth, що дозволяє зчитувати дані за допомогою смартфона або іншого сумісного пристрою. Користувач також має змогу взаємодіяти з пристроєм за допомогою сенсорного модуля TTP223, який використовується для перемикання режимів роботи або активації бездротової передачі.

Структурна схема передбачає простоту масштабування системи, зокрема додавання нових сенсорів або модулів без суттєвого ускладнення базової архітектури. Усі компоненти системи живляться від Arduino та мають спільне заземлення, що забезпечує стабільність роботи всієї метеостанції.

2.2 Вибір апаратних засобів для проєкту

Для розробки мікроконтролерної метеорологічної станції було обрано апаратні засоби, які оптимально відповідають вимогам щодо точності вимірювань, енергоефективності, простоти інтеграції та вартості комплектуючих.

Основою системи обрано мікроконтролер ArduinoNano, який завдяки своїм компактним розмірам, достатній кількості цифрових та аналогових входів/виходів, а також підтримці I²C та UART-протоколів забезпечує необхідну функціональність для підключення всіх сенсорів та модулів [11].

Для вимірювання температури та відносної вологості використовується сенсор HDC1080 виробництва TexasInstruments. Цей датчик забезпечує високу

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

точність вимірювань: $\pm 0,2$ °C для температури та ± 2 % RH для вологості, має інтерфейс I²C, низьке енергоспоживання та стабільність роботи у широкому діапазоні температур [12].

Атмосферний тиск та висота над рівнем моря вимірюються за допомогою цифрового барометра BMP280 компанії Bosch Sensortec. Даний сенсор забезпечує точність вимірювання тиску ± 1 гПа та має вбудовані компенсаційні механізми, що робить його надійним вибором для побутових метеостанцій [2].

Модуль реального часу DS1307 використовується для забезпечення точного відліку часу і дати. Це дозволяє зберігати часову мітку для кожного циклу вимірювання, що важливо для подальшого аналізу погодних змін. Модуль підтримує стандартний I²C-інтерфейс і має можливість живлення від резервної батареї [11].

Для бездротової передачі даних на зовнішній пристрій (смартфон або ноутбук) обрано Bluetooth-модуль HC-06. Він відзначається простотою використання, надійністю з'єднання та широкою підтримкою серед популярних мобільних платформ [11].

Виведення даних здійснюється на рідкокристалічний дисплей LCD 2004 із контролером HD44780, який має 4 рядки по 20 символів і забезпечує зручне відображення великої кількості інформації одночасно без необхідності частого прокрутки тексту [11].

Додатково до системи інтегровано сенсорний модуль TTP223, який дозволяє реалізувати безконтактне керування режимами роботи пристрою, що підвищує ергономіку використання [12].

Вибір саме таких апаратних компонентів обґрунтовано їхньою доступністю, широкою підтримкою бібліотек для Arduino-платформи, стабільністю роботи в умовах реального середовища та позитивними відгуками у відкритих джерелах технічної інформації.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.3 Аналіз архітектур і обґрунтування вибору керуючого пристрою

Для реалізації мікроконтролерної метеостанції було розглянуто кілька варіантів мікроконтролерних платформ, які відрізняються між собою за параметрами обчислювальної потужності, кількості входів/виходів, енергоспоживання, підтримки цифрових інтерфейсів та вартості. На основі аналізу було обрано Arduino Nano, яка забезпечує оптимальний баланс між функціональністю, доступністю, простотою у використанні та компактністю. Нижче наведено порівняльну таблицю характеристик основних популярних платформ для побутових проєктів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця характеристик основних популярних платформ для побутових проєктів

Модель	Мікроконтролер	Кількість цифрових І/О	Інтерфейси	Пам'ять (Flash / SRAM)	Особливості
Arduino Nano	ATmega328P	22 (14 цифрових, 8 аналогових)	ІС, SPI, UART	32 КБ / 2 КБ	Компактний, сумісний з макетною платою
Arduino Uno	ATmega328P	20 (14 цифрових, 6 аналогових)	ІС, SPI, UART	32 КБ / 2 КБ	Стандартна платформа, більші габарити
ESP8266 NodeMCU	ESP8266	17	ІС, SPI, UART, Wi-Fi	4 МБ / 64 КБ	Wi-Fi вбудований, вище енергоспоживання
ESP32 DevKit	ESP32	34	ІС, SPI, UART, Wi-Fi, Bluetooth	4 МБ / 520 КБ	Висока продуктивність, BT/Wi-Fi, дорожчий
STM32F103C8 T6 ("Blue Pill")	STM32 ARM Cortex-M3	37	ІС, SPI, UART, USB	64 КБ / 20 КБ	Висока швидкість, потребує програматора

Як показано в таблиці 2.1, Arduino Nano має всі необхідні інтерфейси для

підключення сенсорів і модулів, достатню кількість входів/виходів, низьке енергоспоживання та компактні розміри, що робить її оптимальним вибором для побутового пристрою з невеликим обсягом обчислень. Інші мікроконтролери, хоча й мають розширені можливості (наприклад, Wi-Fi чи більший обсяг пам'яті), є менш енергоефективними або складнішими в налаштуванні, що суперечить концепції простої та доступної метеостанції для індивідуального користування.

Arduino Nano, обрана як центральний контролер метеостанції, ґрунтується на мікроконтролері ATmega 328P, який є перевіреним рішенням у багатьох проєктах автоматизації та вбудованих систем. Його архітектура забезпечує достатню обчислювальну потужність для обробки сигналів від декількох сенсорів, формування повідомлень, керування дисплеєм і здійснення комунікації через UART або I²C. Платформа має вбудований кварцовий генератор для забезпечення стабільної частоти роботи, що особливо важливо при точних вимірюваннях. Крім того, Arduino Nano має компактний форм-фактор, що робить її зручною для інтеграції в невеликі корпуси, характерні для побутових пристроїв [13].

У порівнянні з ESP8266 або ESP32, Arduino Nano споживає значно менше енергії, що критично для пристроїв із можливістю живлення від акумуляторів або павербанків. Також важливою перевагою є стабільність бібліотек і велика спільнота розробників, що значно спрощує розробку програмного забезпечення. Незважаючи на відсутність вбудованого Wi-Fi або Bluetooth, необхідна бездротова комунікація реалізується через окремий модуль HC-06, що дозволяє зберегти простоту логіки пристрою і при цьому забезпечити надійне з'єднання зі смартфоном або ПК [14].

Інші мікроконтролери, як от STM32F103 або ESP32, мають вищу продуктивність, проте потребують складнішої початкової конфігурації, знань у сфері низькорівневого програмування та додаткового обладнання для прошивки. Тому Arduino Nano є оптимальним варіантом для реалізації доступної, функціональної та технічно збалансованої метеостанції, яка орієнтована на побутового користувача.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Характеристики сенсорних модулів і пристроїв

Для створення ефективної та надійної мікроконтролерної метеостанції обрано сучасні цифрові сенсори та допоміжні модулі, які забезпечують точні вимірювання, стабільну роботу системи, енергоефективність і зручність у реалізації апаратної частини. Використання цифрових сенсорів є однією з ключових переваг проєкту, оскільки вони мають високу точність, вбудовану калібровку на заводі-виробнику, цифровий вихід без необхідності аналогово-цифрового перетворення, що суттєво спрощує підключення до мікроконтролера та обробку даних.

Сенсор температури і вологості HDC1080 (рис. 2.2) є високоточним цифровим приладом від компанії Texas Instruments, який спеціально розроблений для точних вимірювань у побутових і промислових умовах.

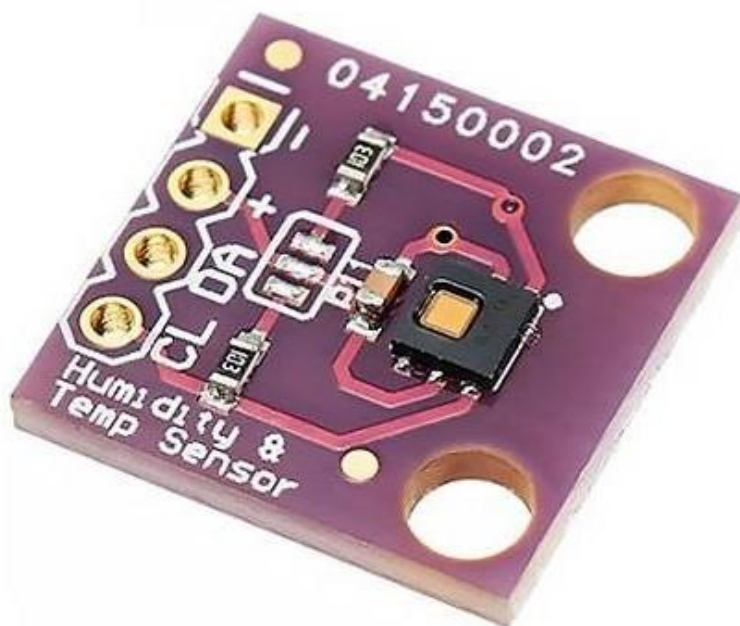


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд датчика HDC1080

Він працює через шину I²C, що мінімізує кількість проводів при підключенні і спрощує схему. HDC1080 має широкий діапазон вимірювань температури від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ з точністю $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості від 0 до 100 % RH із точністю $\pm 2\text{ }%$. Завдяки вбудованій можливості працювати у

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

енергоощадному режимі цей сенсор чудово підходить для автономних систем, зокрема метеостанцій, які можуть працювати на батарейному живленні тривалий час без підзарядки [12].

Барометричний сенсор BMP280 (рис. 2.3) від Bosch Sensortec забезпечує вимірювання атмосферного тиску в діапазоні від 300 до 1100 гПа з точністю близько ± 1 гПа, а також вимірювання температури від -40 °C до $+85$ °C.P.

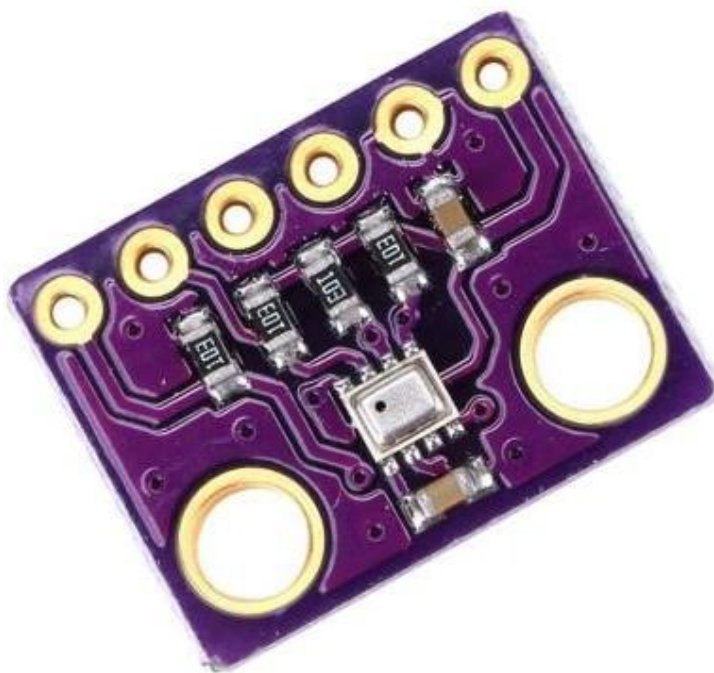


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд сенсора BMP280

Цей сенсор має компактні розміри, низьке енергоспоживання і вбудовані алгоритми температурної компенсації, що дозволяє досягати високої точності вимірювань навіть в умовах різких змін навколишнього середовища. Крім того, BMP280 може використовуватися для обчислення висоти над рівнем моря з похибкою всього кілька метрів, що особливо важливо для комплексного моніторингу кліматичних умов [2].

Модуль реального часу DS1307 RTC (рис. 2.4) дозволяє забезпечити точне відстеження дати та часу навіть у випадках відключення основного живлення завдяки вбудованій батареї типу CR2032.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

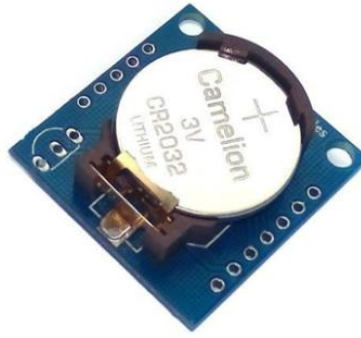


Рисунок 2.4 – Модуль реального часу DS1307 (RTC)

Використання цього модуля дозволяє прив'язувати результати вимірювань до конкретного моменту часу, що є необхідним для аналізу змін погодних умов у динаміці або збереження історичних даних. DS1307 працює через інтерфейс I²C, що дозволяє легко інтегрувати його у проект разом з іншими модулями [11].

HC-06 Bluetooth модуль (рис. 2.5) забезпечує бездротову передачу зібраних даних на смартфон, планшет або комп'ютер.



Рисунок 2.5 – Модуль Bluetooth HC-06

Він має стабільне з'єднання, високу швидкість обміну даними і простоту налаштування. Модуль підтримує UART-протокол комунікації, що дозволяє легко інтегрувати його в проект Arduino без використання додаткових конвертерів або складних налаштувань [11].

Характеристики цього модуля наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики модуля Bluetooth HC-06

№	Назва характеристики	Значення
1	Робоча напруга	3,6 ...6 В
2	Діапазон робочих температур	-25°C...+70°C
3	Робоча частота	2,4ГГц
4	Швидкість передачі даних (можна збільшити)	9600біт/с
5	Дальність дії	до10м
6	Габарити	26,9×13×2,2 мм

LCD-дисплей 2004 із контролером HD44780 (рис. 2.6) використовується для виведення вимірянних параметрів безпосередньо на пристрої.

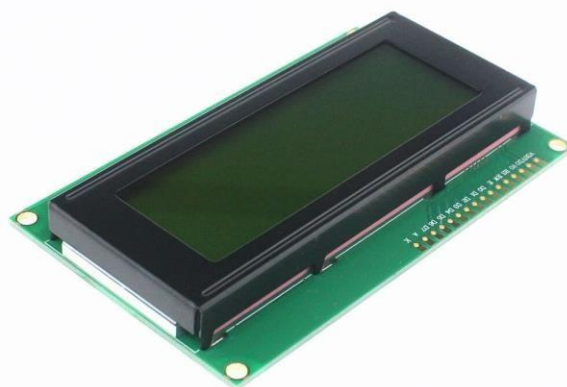


Рисунок 2.6 – LCD-дисплей 2004

Дисплей має чотири рядки по двадцять символів кожен, що дозволяє одночасно виводити значення температури, вологості, тиску та часу без необхідності перемикання екранів. Інтерфейс підключення може бути організований через стандартний паралельний інтерфейс або через I²C-конвертер, що значно спрощує схему підключення та економить пінів Arduino [11].

ТТР223 — сенсорний модуль є ємнісним датчиком, який дозволяє здійснювати управління функціями метеостанції без використання механічних кнопок (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Сенсорний модуль ТТР223

Він має високу чутливість до дотику, мале енергоспоживання та дозволяє покращити ергономіку використання пристрою, підвищуючи його надійність за рахунок відсутності механічного зношування елементів [12].

На основі аналізу функціональних вимог до мікроконтролерної метеостанції було здійснено обґрунтований вибір апаратних компонентів, які забезпечують реалізацію всіх необхідних функцій пристрою. Обрана платформа Arduino Nano у поєднанні з цифровими сенсорами HDC1080 і BMP280, модулем реального часу DS1307, дисплеєм LCD 2004, Bluetooth-модулем HC-06 та сенсорним елементом ТТР223 утворює оптимальну конфігурацію з точки зору функціональності, енергоспоживання, компактності та вартості. Така структура дозволяє реалізувати метеостанцію, здатну виконувати точні вимірювання, передавати інформацію бездротовим шляхом, забезпечувати зручну індикацію та підтримувати автономну роботу в побутових умовах.

2.5 Електрична реалізація апаратної частини пристрою

Електрична реалізація мікроконтролерної метеостанції ґрунтується на побудові схемотехнічного рішення, яке забезпечує узгоджену взаємодію всіх апаратних модулів системи. Основу конструкції становить мікроконтролер Arduino Nano, який виступає в ролі центрального вузла управління. Всі периферійні модулі підключено до мікроконтролера відповідно до стандартів

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

цифрових інтерфейсів з урахуванням електричної сумісності (рис. 2.8).

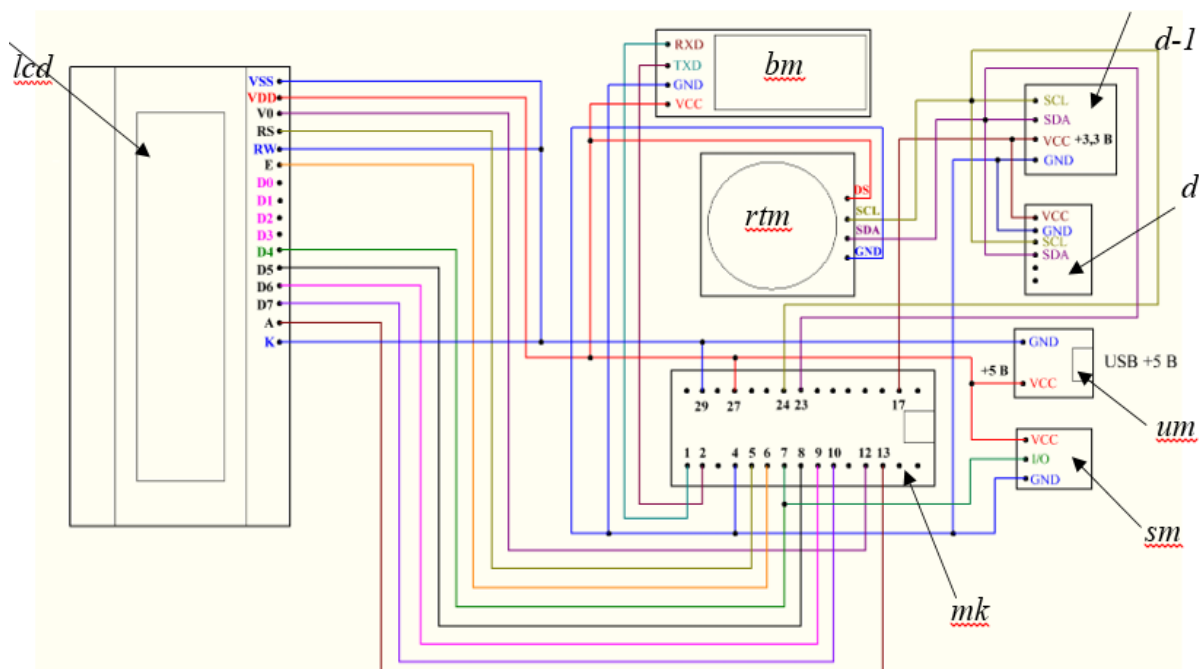


Рисунок 2.8 – Схема електрична принципова

Список скорочень

<i>Lcd</i> – символний lcd дисплей 2004	<i>Sm</i> – сенсорний модуль ТТР223
<i>Mk</i> – arduinonano (мікроконтролер)	<i>Um</i> – microusb модуль
<i>Rtm</i> – модуль реального часу DS1307	<i>d-1</i> – давач HDC1080
<i>Bm</i> – bluetooth модуль HC-06	<i>d-2</i> – давач BMP280

Передавання даних від сенсорів температури та вологості (HDC1080), а також атмосферного тиску (BMP280) здійснюється через двопровідний інтерфейс I²C, підключений до ліній SDA (A4) та SCL (A5) Arduino. Той же інтерфейс використовується для зв'язку з модулем реального часу DS1307, що дозволяє реалізувати компакту шину передачі даних з кількома пристроями на основі адресного простору.

Відображення даних реалізовано за допомогою рідкокристалічного дисплея

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

LCD 2004 з I²C адаптером, що спрощує підключення й зменшує кількість необхідних з'єднань. Для забезпечення бездротового з'єднання використовується модуль HC-06, який підключено до UART-інтерфейсу мікроконтролера через порти TX (D1) та RX (D0). З метою захисту лінії RX модуля від надлишкової напруги реалізовано простий резистивний дільник.

Керування режимами роботи станції реалізується за допомогою сенсорного модуля TTP223, підключеного до цифрового входу D2 Arduino. Живлення всіх елементів здійснюється через модуль мікро USB, який забезпечує стабільну напругу 5В. Загальна електрична схема побудована із дотриманням вимог до надійності, спрощення монтажу, логічної структури зв'язків і мінімізації перешкод між лініями.

На рисунку 2.9 представлено монтажну плату мікроконтролерної метеостанції, реалізовану на базі Arduino Uno.

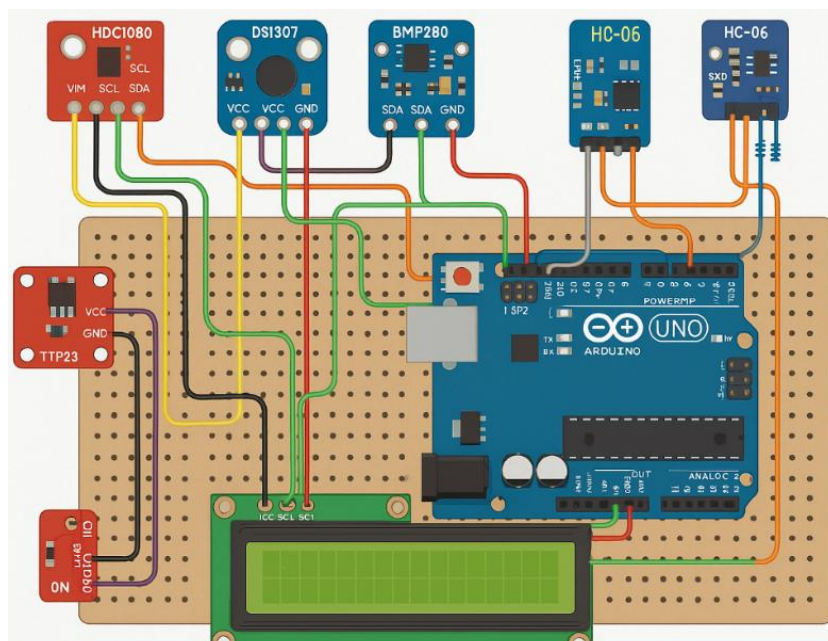


Рисунок 2.9 – Монтажна плата мікроконтролерної метеостанції

Сенсорний модуль TTP223 з'єднаний із цифровим входом Arduino (наприклад, D2) для виявлення дотику. Також на платі присутня кнопка для ручного керування або скидання, з'єднана з іншим цифровим входом.

LCD-дисплей з I²C-конвертером підключено через ті ж SDA і SCL лінії, що

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

забезпечує відображення метеоданих. Усі компоненти живляться від лінії 5В, поданої через USB або зовнішнє джерело.

Усі основні функціональні модулі розміщені на макетній платі (breadboard), з'єднані між собою проводами відповідно до функціонального призначення.

Метою підвищення надійності, компактності та довговічності апаратної частини мікроконтролерної метеостанції було спроектовано одношарову друковану плату (рис. 2.10). Проєктування здійснювалося із застосуванням САПР середовища EasyEDA, що дозволяє моделювання, трасування доріжок та візуалізацію монтажу в автоматизованому режимі.

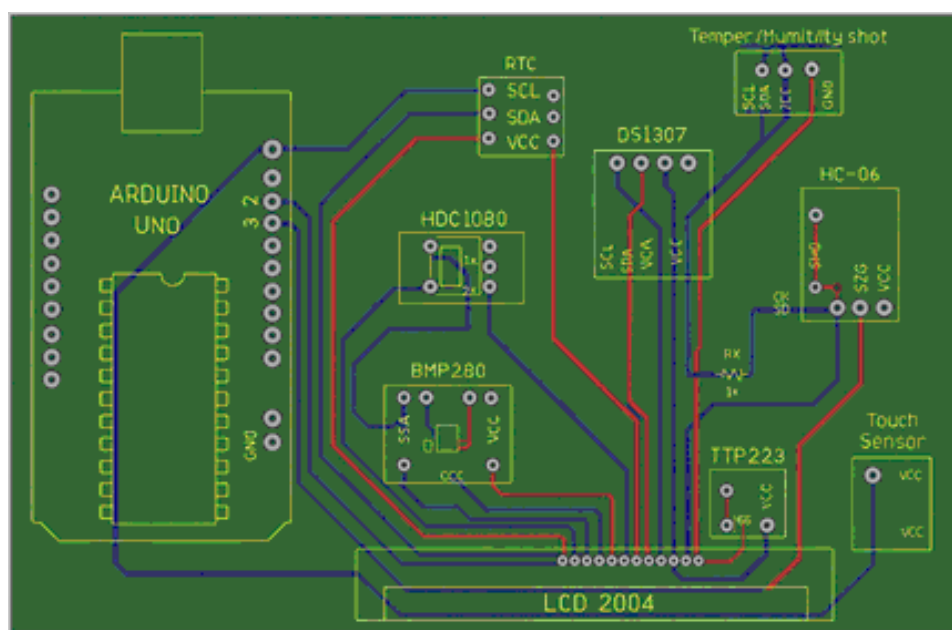


Рисунок 2.10 – Друкована плата мікроконтролерної метеостанції

Центральним елементом конструкції є мікроконтролер Arduino Uno, що забезпечує управління периферією. На платі передбачено посадкові місця для всіх основних модулів системи: HDC1080 (сенсор температури та вологості), BMP280 (барометр), DS1307 (модуль реального часу), HC-06 (Bluetooth), TTP223 (сенсорна кнопка), LCD 2004 (індикатор з I²C-інтерфейсом).

Усі компоненти з'єднані відповідно до стандартів цифрових інтерфейсів: шина I²C (SDA, SCL) використовується для підключення сенсорів HDC1080,

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

BMP280, DS1307 та LCD-дисплея. UART-інтерфейс (TX, RX) використовується для Bluetooth-модуля HC-06. Сенсор TTP223 підключається до цифрового входу Arduino.

Трасування плати виконано з урахуванням мінімізації довжини сигнальних доріжок, розділення живильних (червоні), сигнальних (зелені) і заземлюючих (сині) ліній, уникнення перехрещень та зменшення електромагнітних перешкод.

На друкованій платі передбачено достатній простір для пайки, технічного обслуговування та модернізації. Форм-фактор плати дозволяє зручно інтегрувати пристрій у корпус або панель. Така реалізація сприяє зниженню кількості з'єднувальних проводів, покращенню електромагнітної сумісності та підвищує надійність пристрою в експлуатації.

Живлення мікроконтролера Arduino Uno здійснюється від джерела постійної напруги 5В, для чого використовується або стандартний адаптер (блок живлення), або мобільне джерело живлення типу Power Bank, що робить пристрій мобільним та придатним до експлуатації у польових умовах. З огляду на те, що на самій платі ArduinoUno передбачений mini-USB роз'єм, для зручності експлуатації було додатково припаяно модуль micro-USB, що значно полегшує підключення сучасних кабелів живлення.

Різні модулі метеостанції мають свої вимоги до напруги живлення. Такі елементи, як символічний LCD-дисплей, модуль реального часу DS1307, сенсор TTP223, а також Bluetooth-модуль HC-06, живляться від стандартної напруги 5В, яка доступна безпосередньо з відповідного виводу на платі Arduino.

Водночас датчики метеорологічних параметрів, зокрема HDC1080 (температура, вологість) та BMP280 (атмосферний тиск і висота), потребують живлення 3,3В. Для цього використовується вбудований в Arduino лінійний стабілізатор AMS1117, який знижує напругу з 5В до 3,3В. Завдяки стабільній роботі цього регулятора, живлення метеорологічних датчиків є надійним і відповідає їхнім технічним характеристикам, що забезпечує точне зчитування даних без електричних перешкод (рис. 2.11).

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

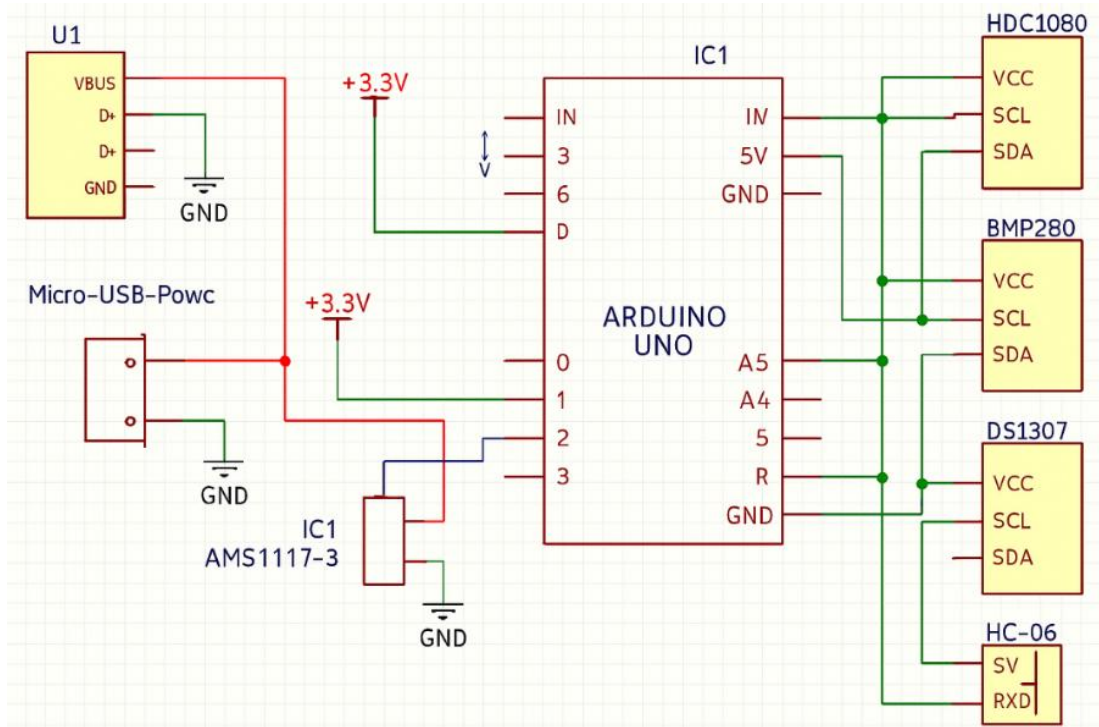


Рисунок 2.11 – Схема живлення метеостанції з Arduino Uno, стабілізатором AMS1117 і сенсорами на 3,3 В

2.6 Розрахунок надійності системи мікроконтролерної метеостанції

Надійність є одним з основних параметрів, що характеризують якість електронної системи, особливо в умовах автономної або тривалої експлуатації. У даному проєкті мікроконтролерної метеостанції надійність оцінюється за середнім напрацюванням на відмову (MTBF) та інтенсивністю відмов (λ) на основі агрегованих довідкових значень. Система розглядається як послідовна структура, де відмова будь-якого з компонентів призводить до відмови всієї системи [17].

Загальна інтенсивність відмов системи при послідовному з'єднанні визначається як:

$$\lambda_{\text{системи}} = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$$

Середній час безвідмовної роботи:

$$T = 1 / \lambda_{\text{системи}}$$

Таблиця 2.3 – Інтенсивність відмов компонентів системи

Компонент	Позначення	Інтенсивність відмов λ ($1 \cdot 10^{-6}$ год $^{-1}$)
Arduino Nano	МК	10
HDC1080 (сенсор вологості/температури)	D1	5
BMP280 (барометр)	D2	4
DS1307 (RTC)	RTC	6
HC-06 (Bluetooth)	BM	8
LCD 2004 (дисплей)	LCD	7
TTP223 (сенсор)	SM	3

Загальна інтенсивність відмов: $\lambda_{\text{системи}} = 43 \cdot 10^{-6}$ год $^{-1}$

Середній час безвідмовної роботи системи: $T \approx 23\ 256$ годин або $\approx 2,65$ років

Згідно з отриманими розрахунками, середній ресурс безвідмовної роботи системи складає понад 23 тисячі годин, що еквівалентно понад 2,5 рокам неперервної експлуатації. Враховуючи характер пристрою, це значення вважається достатнім для побутового рівня. Особливу увагу слід приділити мікроконтролеру Arduino Nano та модулю бездротового зв'язку HC-06, оскільки саме вони мають найбільшу інтенсивність відмов. Для підвищення надійності можливе дублювання критичних модулів, застосування зовнішнього сторожового тайм.

У реальних умовах експлуатації надійність також залежить від якості монтажу, умов навколишнього середовища (температура, вологість), впливу ЕМП, стабільності живлення. Рекомендовано передбачити захист живлення, фільтрацію та апаратне перезавантаження системи у разі зависання або збоїв.

Висновок до розділу

У процесі розробки архітектури та функціональної структури мікроконтролерної метеостанції було сформовано комплексне апаратно-програмне рішення, яке відповідає вимогам до сучасного побутового пристрою моніторингу довкілля. Здійснено детальне обґрунтування вибору архітектури системи, що базується на використанні мікроконтролера Arduino Nano як керуючого вузла та низки периферійних цифрових модулів, зокрема HDC1080, BMP280, DS1307, LCD 2004, HC-06 та TTP223. Оптимізація структури здійснювалась із врахуванням критерію сумісності інтерфейсів (I²C, UART), компактності монтажу, енергоефективності та потенціалу для розширення. У результаті розроблено архітектурну модель, здатну забезпечувати безперервне вимірювання, локальне та дистанційне відображення метеопараметрів, а також адаптацію до змін навколишнього середовища завдяки програмованій логіці реагування. Структура метеостанції відповідає базовим вимогам до побутових IoT-пристроїв та може слугувати основою для подальшого вдосконалення або промислової реалізації.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДУЛІВ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ МЕТЕОСТАНЦІЇ

Програмне забезпечення метеорологічної станції розроблено в середовищі Arduino IDE з використанням мов програмування C/C++. Скетч керує всіма компонентами системи, забезпечує обробку зібраної інформації, її виведення на дисплей та передачу через модуль Bluetooth.

3.1 Створення логіки функціонування системи

Розробка алгоритму роботи системи керування мікроконтролерної метеостанції передбачає поетапне визначення послідовності дій, які виконуються мікроконтролером у процесі роботи пристрою. Алгоритм базується на принципі циклічного опитування сенсорів, обробки та виводу даних, а також взаємодії з користувачем через сенсорну кнопку та модуль бездротового зв'язку зображена на рисунку 3.1.

Після увімкнення живлення система переходить у початковий стан, де виконується ініціалізація всіх підключених компонентів: датчиків температури, вологості (HDC1080), атмосферного тиску (BMP280), модуля реального часу (DS1307), Bluetooth-модуля HC-06 та LCD-дисплея 2004. Далі відбувається зчитування актуальних значень з усіх сенсорів, що здійснюється через інтерфейс I2C або цифрові входи/виходи залежно від типу модуля. Основним критерієм для прогнозу ймовірності опадів є динаміка зміни атмосферного тиску, тому в алгоритмі передбачена перевірка: чи спостерігається падіння тиску за певний проміжок часу. Якщо така зміна виявлена, на дисплеї з'являється попередження про можливі опади. В іншому випадку виводиться повідомлення «Без опадів». Усі зібрані показники формуються у зручний текстовий вигляд і передаються через модуль HC-06 на смартфон або інший пристрій користувача.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

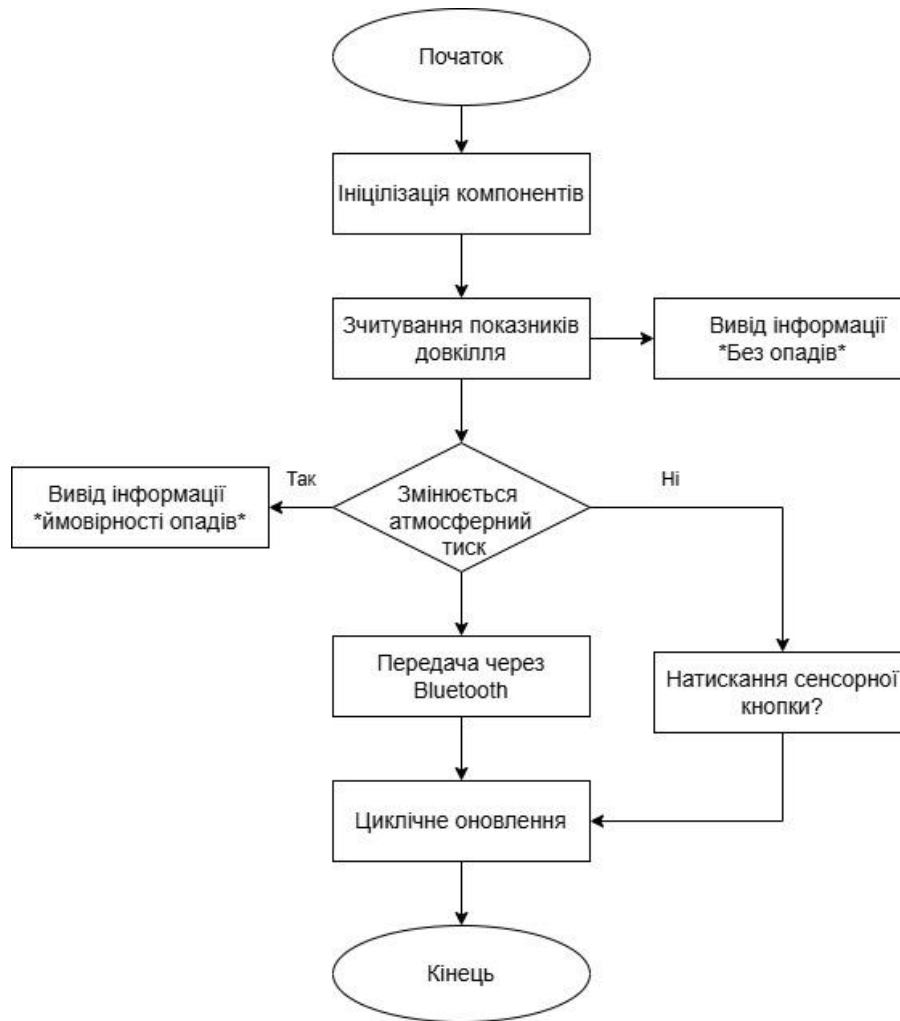


Рисунок 3.1 –Алгоритм роботи системи керування мікроконтролерної метеостанції

Крім того, передбачено можливість взаємодії користувача із системою через сенсорну кнопку ТТР223. Натискання кнопки викликає примусове оновлення даних або може активувати додатковий режим, наприклад, перегляд середньодобових значень. Якщо натискання не відбулося, система переходить у стан циклічного оновлення, де з певним інтервалом повторює зчитування даних і повторну обробку. Таким чином, створений алгоритм забезпечує безперервну роботу метеостанції з можливістю автономного збору та аналізу екологічних параметрів, а також зручного сприйняття інформації користувачем завдяки екранному відображенню та бездротовій передачі. Уся логіка алгоритму

реалізована у вигляді циклу, що безперервно виконується у функції loop() мови програмування Arduino C++ відповідно до принципів подійно-орієнтованого керування.

3.2 Основні функціональні блоки коду

3.2.1 Ініціалізація компонентів

На початку виконання програми, у функції setup(), відбувається послідовна ініціалізація всіх ключових апаратних компонентів системи, що є необхідною умовою для забезпечення стабільної та коректної роботи метеостанції. Насамперед налагоджується зв'язок із сенсорними модулями через інтерфейс I²C: ініціалізується сенсор температури й вологості HDC1080, який забезпечує зчитування параметрів мікроклімату, та сенсор атмосферного тиску BMP280, який додатково використовується для обчислення висоти над рівнем моря. Для цього задіяно спеціалізовані бібліотеки, що виконують перевірку доступності сенсорів та їх готовності до роботи. Далі активується модуль реального часу DS1307, який дозволяє підтримувати точне відображення поточного часу навіть при вимкненому живленні, завдяки наявності резервного джерела живлення; після встановлення з'єднання здійснюється зчитування значення часу, що може використовуватись як для реального відображення, так і для маркування даних. Одночасно ініціалізується Bluetooth-модуль HC-06 для організації бездротової передачі даних: встановлюється послідовне з'єднання з мікроконтролером зі швидкістю 9600 бод через інтерфейс UART (Serial.begin(9600)), що дозволяє надалі відправляти інформацію до зовнішніх пристроїв (наприклад, смартфонів). Завершальним етапом є підготовка LCD-дисплея формату 2004 (20 символів × 4 рядки), що здійснюється з використанням бібліотеки LiquidCrystal_I²C шляхом вказання адреси пристрою на шині I²C, задання розмірів дисплея, очищення екрану та виведення повідомлення про запуск метеостанції. Завдяки цим діям функція setup() формує початковий стан системи, забезпечуючи повну готовність

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

метеостанції до виконання основних функцій: зчитування, аналізу, відображення та передавання метеорологічних даних.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <ClosedCube_HDC1080.h>
#include <RTCLib.h>

Adafruit_BMP280 bmp;
ClosedCube_HDC1080 hdc;
RTC_DS1307 rtc;

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

  hdc.begin(0x40); // HDC1080 I2C адреса
  bmp.begin();    // Ініціалізація BMP280
  rtc.begin();    // Ініціалізація RTC DS1307

  if (!rtc.isrunning()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__))); // Синхронізація часу
  }

  Serial.println("Система ініціалізована");
}

void loop() {
  float temperature = hdc.readTemperature();
  float humidity = hdc.readHumidity();
  float pressure = bmp.readPressure() / 100.0; // гПа
  float altitude = bmp.readAltitude(1013.25); // Висота

  DateTime now = rtc.now();

  Serial.print("Час: ");
  Serial.print(now.timestamp(DateTime::TIMESTAMP_TIME));
  Serial.print(" | Темп: ");
  Serial.print(temperature, 1);
  Serial.print(" °C | Вологість: ");
  Serial.print(humidity, 1);
  Serial.print(" % | Тиск: ");
  Serial.print(pressure, 1);
  Serial.print(" гПа | Висота: ");
  Serial.print(altitude, 0);
  Serial.println(" м");

  delay(5000); // Оновлення кожні 5 секунд
}
```

Рисунок 3.2 – Лістинг коду ініціалізації компонентів

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3.2.2 Зчитування даних

У функції loop() реалізовано основну логіку постійного збору, обробки та виведення метеорологічної інформації, яка надходить із підключених датчиків. У кожному циклі роботи програми відбувається зчитування значень температури, вологості та атмосферного тиску. Для цього використовуються відповідні бібліотеки, які дозволяють взаємодіяти з цифровими сенсорами HDC1080 (температура і вологість) та BMP280 (атмосферний тиск).

Після отримання значення тиску виконується обчислення висоти над рівнем моря за допомогою барометричної формули, яка враховує стандартне значення тиску на рівні моря. Це дозволяє системі не тільки фіксувати зміну погодних параметрів, а й аналізувати положення станції у просторі.

Для прогнозування ймовірності опадів виконується порівняння поточного атмосферного тиску з попередніми значеннями. У разі різкого зниження тиску система може виводити повідомлення про можливі опади. Такий аналіз дає змогу реалізувати базову модель прогнозування погоди.

Зібрані та оброблені дані виводяться на символний LCD дисплей 2004 через інтерфейс I²C, що значно спрощує підключення та економить кількість виводів мікроконтролера. Крім цього, за допомогою модуля Bluetooth HC-06 інформація передається на мобільний пристрій або інший приймач для дистанційного моніторингу (рис. 3.3).

3.2.3 Передача та вивід даних

Після зчитування та обробки показників температури, вологості, тиску й висоти, дані мають бути виведені для подальшого аналізу користувачем. У даній системі це реалізується двома способами: через LCD-дисплей 2004 та модуль Bluetooth HC-06.

LCD-дисплей підключено за допомогою інтерфейсу I²C, що дозволяє значно зменшити кількість задіяних пінів мікроконтролера. Символьний дисплей виводить інформацію у чотирьох рядках: температура, вологість, атмосферний тиск та висота над рівнем моря.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

```

void loop() {
    float temperature = hdc.readTemperature();
    float humidity = hdc.readHumidity();
    float pressure = bmp.readPressure() / 100.0; // Па → гПа
    float altitude = bmp.readAltitude(1013.25); // Висота над рівнем моря

    DateTime now = rtc.now();

    // Аналіз зміни тиску
    if (pressure < previousPressure - 1) {
        weatherForecast = "Ймовірний дощ";
    } else if (pressure > previousPressure + 1) {
        weatherForecast = "Покращення погоди";
    } else {
        weatherForecast = "Без змін";
    }
    previousPressure = pressure;

    // Вивід на LCD
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("T: "); lcd.print(temperature); lcd.print("C");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("H: "); lcd.print(humidity); lcd.print("%");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("P: "); lcd.print(pressure); lcd.print(" hPa");
    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print(weatherForecast);

    // Передача по Bluetooth
    Serial.print("Temp: "); Serial.print(temperature); Serial.println(" C");
}

```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду зчитування даних

Форматування виводу виконується таким чином, щоб дані були зрозумілі користувачеві та оновлювалися з певним інтервалом без мерехтіння. Паралельно з відображенням даних на дисплеї здійснюється передача даних по бездротовому зв'язку. Для цього використовується модуль Bluetooth HC-06, який дозволяє передавати інформацію у вигляді текстового потоку на мобільний пристрій або

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

інший приймач. Це забезпечує дистанційний моніторинг метеоумов у режимі реального часу.

Передача виконується через серійний порт (`Serial.print()`), де дані форматуються у вигляді коротких повідомлень із маркерами (наприклад: T:23.5C, H:60%, P:760mmHg), що полегшує їх обробку з боку приймача (рис. 3.4).

```
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp: ");
lcd.print(temperature);
lcd.print(" C");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Humidity: ");
lcd.print(humidity);
lcd.print(" %");

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Pressure: ");
lcd.print(pressure);
lcd.print(" hPa");

lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("Altitude: ");
lcd.print(altitude);
lcd.print(" m");

// Передача через Bluetooth
Serial.print("T:");
Serial.print(temperature);
Serial.print("C H:");
Serial.print(humidity);
Serial.print("% P:");
Serial.print(pressure);
Serial.print("hPa A:");
Serial.println(altitude);
```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду виведення та передачі даних

3.2.4 Обробка та форматування даних для виводу на дисплей

Принцип форматування даних для відображення на дисплеї мікроконтролерної метеостанції базується на поданні числових значень у компактному, зрозумілому та зручному для візуального сприйняття вигляді. Для

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

цього використовується попередня обробка даних, зчитаних із сенсорів температури, вологості, атмосферного тиску, висоти та реального часу, із подальшим округленням значень до одного або двох знаків після коми, залежно від типу параметра. Наприклад, температура виводиться у форматі T: 23.4°C, вологість — H: 58%, тиск — P: 760mmHg, а висота — Alt: 143 m. При цьому використовується фіксований шаблон для позиціонування значень у конкретних рядках LCD-дисплея (20×4), що дозволяє уникати зміщення або перезапису частин попередніх повідомлень. У текстовому форматі застосовуються символи одиниць вимірювання (наприклад, °C, %, hPa, m), що забезпечує однозначне трактування значень користувачем. Вивід здійснюється за допомогою функцій бібліотеки LiquidCrystal_I2C, з використанням lcd.setCursor(x, y) для чіткого розташування тексту, та lcd.print() — для виводу форматованих рядків. У випадках, коли значення виходять за допустимі межі або датчик не відповідає, на дисплей виводиться повідомлення про помилку. Таким чином, форматування виконується таким чином, щоб забезпечити стабільне, читабельне та лаконічне представлення інформації незалежно від динаміки зміни показників.

Оскільки система призначена для фіксації метеоданих, ключову роль відіграє коректне зчитування показників із відповідних сенсорів. Серед основних параметрів — температура, рівень вологості, барометричний тиск, а також розрахована висота над рівнем моря, що залежить від поточних змін атмосферного тиску (рис 3.5).



Рисунок 3.5 – Розроблювана побутова метеостанція

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, пристрій періодично оцінює ймовірність випадання опадів — цей показник оновлюється з інтервалом у десять хвилин. Для візуалізації тенденцій у зміні кліматичних умов реалізовані графічні індикатори, які відображаються на дисплеї метеостанції. Оскільки атмосферний тиск зазвичай змінюється повільно протягом доби, відображення його графіків, як і висоти, не передбачене — це дозволяє оптимізувати візуальне завантаження інтерфейсу. Реалізовано два типи гістограм: зведені за останню годину та денні — для температури, вологості повітря і шансів на опади. Щоб аналіз трендів був інформативним, система має працювати тривалий період — кілька годин або більше. Для прискорення динаміки зміни значень навмисно створюється циркуляція повітря в приміщенні — наприклад, шляхом періодичного провітрювання, що дозволяє зафіксувати помітні коливання в показниках температури та вологості (рис. 3.6).

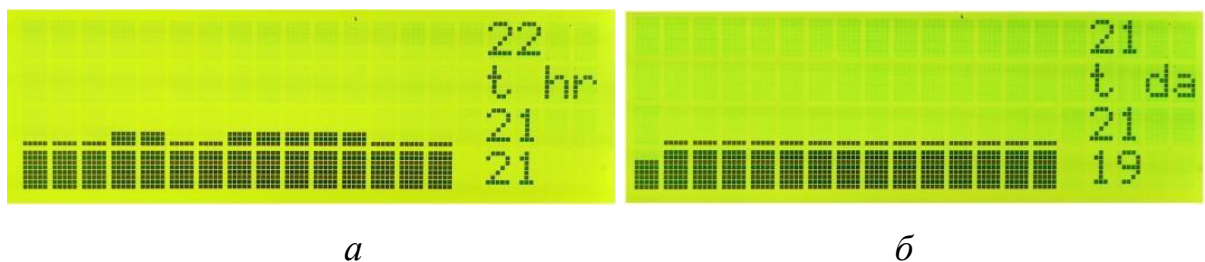


Рисунок 3.6 – Графіки температури:

- а) – показує зміни температури впродовж останніх 12 годин (вказано значення на кожну годину);
- б) – агреговані показники за останні 24 години, подані у вигляді гістограми.

На представлених графічних візуалізаціях можна спостерігати зміну температурного режиму в момент активного повітрообміну. На добовій гістограмі (рис. 3.6б) найнижче зафіксоване значення температури протягом кількох годин становить 19°C — цей спад відображає момент провітрювання. Після припинення циркуляції зовнішнього повітря температура поступово підвищилась. Оскільки оновлення даних для денного графіка виконується раз на годину, актуальне значення температури, яке одночасно є найвищим у цьому часовому інтервалі, становить 21°C. Натомість хвилинна гістограма (рис. 3.6а), яка оновлюється щохвилини, демонструє більшу деталізацію: за останню годину максимальна

температура досягала 22°C, тоді як мінімальне й поточне значення залишаються на рівні 21°C (рис.3.7).

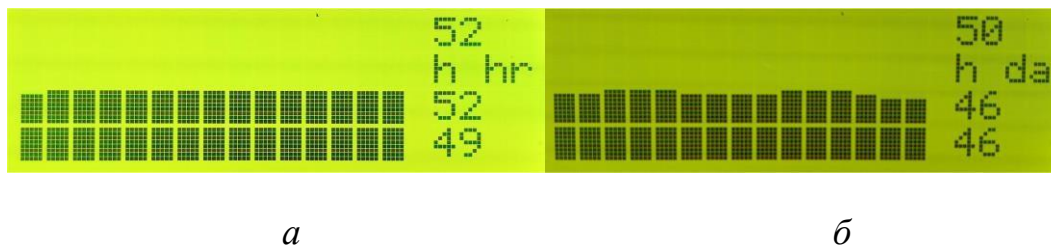


Рисунок 3.7 – Графіки вологості повітря:

- а) – вивід годинних значень вологості, що дозволяє прослідкувати зміну упродовж дня;
- б) – добова гістограма вологості, що полегшує аналіз коливань за більший проміжок часу.

Протягом останніх 60 хвилин рівень вологості повітря варіювався в діапазоні від 49% до 52%, при цьому актуальне значення на момент фіксації становить 52%. На денному графіку (рис. 3.7б) зафіксоване найнижче значення — 46%, що відображає зміну умов у приміщенні внаслідок провітрювання. Цей факт свідчить про чутливість сенсора HDC1080 до змін вологості. Водночас графік температури демонструє аналогічну динаміку, що підтверджує стабільну роботу датчика в обох каналах вимірювання.

Крім того, система регулярно оцінює ймовірність опадів, базуючись на аналізі змін атмосферного тиску й вологості. Цей показник оновлюється кожні десять хвилин і також може бути представлений у вигляді гістограми, яка дозволяє відстежити коливання ймовірності опадів протягом доби. Такий комплексний підхід до моніторингу метеорологічних параметрів забезпечує користувача надійною та деталізованою інформацією про мікроклімат у реальному часі (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Графіки ймовірності опадів:

а) – графік короткострокового прогнозу (до 12 годин);

б) – прогноз ймовірності опадів **за день**, на основі аналізу тенденцій тиску

На графічному зображенні (рис. 3.8а) простежується стабільний рівень ймовірності опадів протягом останньої години, що свідчить про відсутність суттєвих змін у барометричних параметрах. На момент фіксації спостерігалось незначне зниження атмосферного тиску — з 745 до 743 мм рт. ст., після чого тиск залишався на сталому рівні, вказуючи на стабільні погодні умови. Денний графік (рис. 3.8б), навпаки, демонструє характерні коливання тиску впродовж доби. Такі зміни корелюють з погодними явищами: під час збільшення хмарності спостерігалось зниження тиску, що характерно для підходу циклону, а згодом фіксувалися короткочасні снігопади. У періоди прояснення барометричний тиск підвищувався, що вказує на віддалення області низького тиску. Таким чином, дані, отримані з барометричного сенсора BMP280, підтверджують його коректну роботу та можливість використання для базового прогнозування погодних умов.

Усі підключені сенсори функціонують стабільно, що дозволяє системі здійснювати короткостроковий, проте достатньо точний прогноз метеоумов. Модуль реального часу (RTC) коректно відображає поточну дату та час: доба змінюється автоматично опівночі, без затримок або збоїв. Сенсорна панель управління також продемонструвала належну працездатність. Керування здійснюється через легкі дотики до верхньої частини корпусу пристрою з боку інтерфейсу живлення. Перемикання між візуальними графіками відбувається плавно, що забезпечує зручність користування. Для повернення до головного меню без необхідності переходу крізь усі доступні графіки, передбачено тривале натискання на сенсорну кнопку, що оптимізує навігацію інтерфейсом.

3.3 Розробка додатку для ОС Android

У межах функціонального розширення мікроконтролерної метеостанції передбачено не лише локальне виведення метеорологічних даних на символічний LCD-дисплей, але й реалізацію можливості віддаленого моніторингу за

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

допомогою смартфона або планшета на базі операційної системи Android. Для цього застосовується модуль бездротового зв'язку Bluetooth HC-06, який забезпечує передачу даних з Arduino до мобільного пристрою. З боку Android-клієнта створено мобільний застосунок, розроблений у візуальному середовищі MIT App Inventor (3.9).

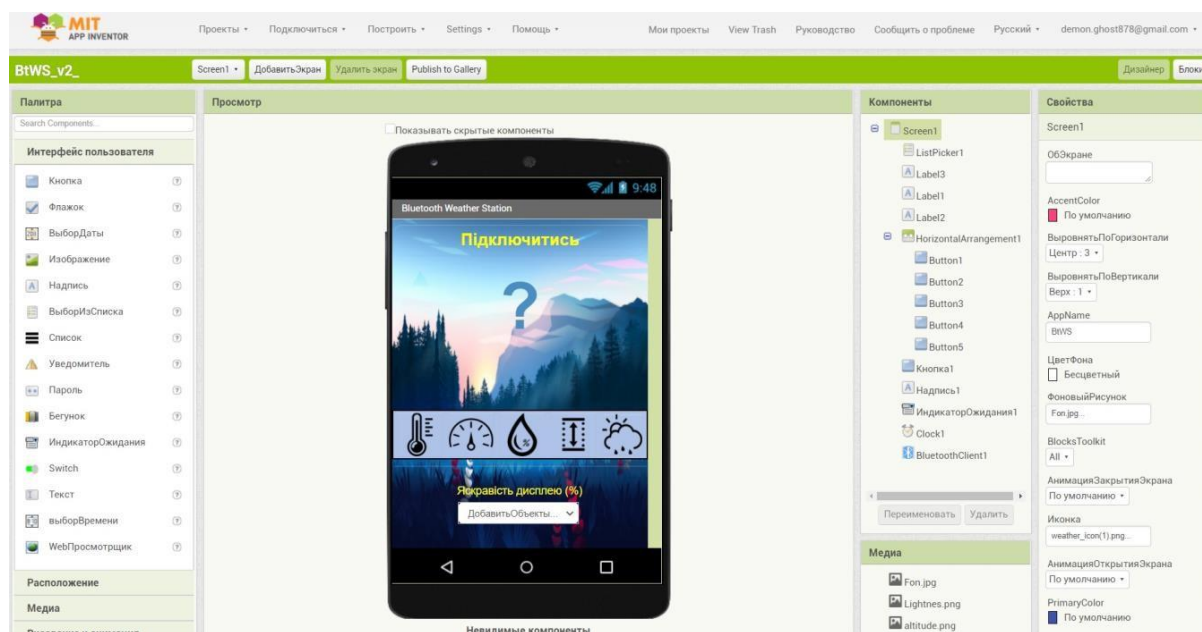


Рисунок 3.9 – Візуальне середовище розробки програм MIT App Inventor в режимі дизайнера

Середовище MIT App Inventor забезпечує зручний візуальний спосіб створення мобільних застосунків, орієнтований на користувачів без глибоких знань у сфері програмування. Побудова логіки застосунку здійснюється шляхом компонування блоків — таких як логічні оператори, змінні, масиви, процедури тощо — що робить процес розробки інтуїтивно зрозумілим (3.10). Після завершення графічного дизайну інтерфейсу та складання логіки програма компілюється в APK-файл, який можна зберегти локально або згенерувати QR-код для миттєвого встановлення додатка на смартфон [19].

Це середовище дозволяє швидко створювати інтуїтивно зрозумілі графічні інтерфейси без потреби в глибокому знанні мов програмування.

первинному з'єднанні потрібно ввести PIN-код «1593». Після цього у самому додатку слід натиснути кнопку «Підключитися», що викличе список доступних пристроїв Bluetooth. При успішному з'єднанні замість кнопки з'явиться MAC-адреса і назва пристрою, а також почнуть надходити дані про температуру.



а

б

Рисунок 3.11 – Додаток для ОС Android:

(*а*) – до підключення по Bluetooth; (*б*) – після підключення по Bluetooth

Окрім цього, у додатку реалізовано корисну функцію регулювання яскравості підсвічування дисплея. Ця можливість зумовлена потребою адаптації відображення даних до умов освітлення: у нічний час надмірна яскравість може створювати візуальний дискомфорт, а в денний — недостатній рівень підсвітки ускладнює зчитування інформації. Функціонал дозволяє вручну налаштувати оптимальний рівень підсвітки: зменшити її ввечері для зручності сприйняття або збільшити вдень для покращення видимості. За замовчуванням у прошивці встановлений середній рівень яскравості — 50%, що забезпечує універсальний баланс між яскравістю та енергоспоживанням як у світлу, так і в темну пору доби. Під панеллю індикаторів розташований блок керування підсвіткою дисплею з декількома попередньо заданими рівнями яскравості.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

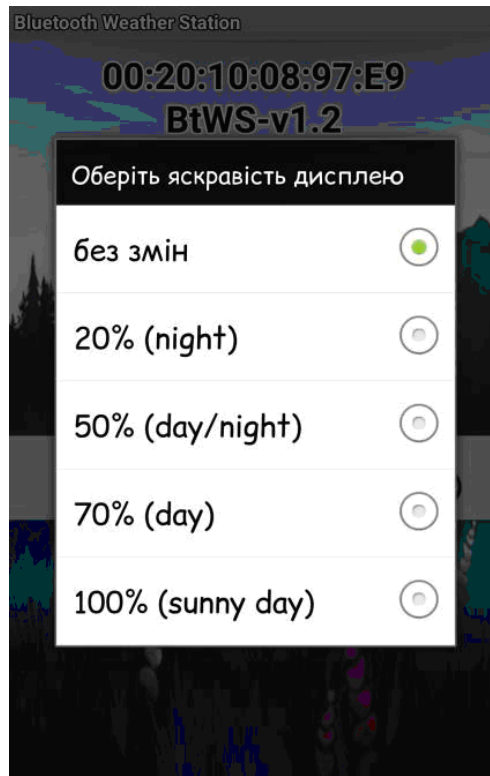


Рисунок 3.12 – Варіанти рівня підсвітки дисплея

Кожен варіант яскравості має текстову підказку щодо оптимального часу використання: зменшена яскравість (20–50%) рекомендується для вечірнього часу, тоді як значення 70% і 100% підходять для денного освітлення. За умов середньої освітленості в приміщенні, 50% інтенсивності підсвітки є комфортним варіантом.

Програмне забезпечення пройшло успішне тестування на операційних системах Android 6.0, 7.1.2, 8.0 та 9.2, що гарантує стабільну роботу додатку на більшості сучасних пристроїв.

3.4 Тестування метеостанції та додатку

Тестування метеостанції проводилося з метою перевірки працездатності апаратної та програмної частин системи, включаючи точність зчитування показників, стабільність передачі даних і взаємодію з мобільним додатком. Основна увага приділялася адекватному реагуванню датчиків на зміни

навколишнього середовища, швидкості оновлення інформації на дисплеї, а також стабільності Bluetooth-з'єднання.

Під час випробувань було підтверджено, що датчик температури і вологості HDC1080 точно фіксує зміну кліматичних умов у приміщенні, зокрема під час провітрювання. Значення температури змінювались від 19°C до 22°C, а вологість – від 46% до 52%, що відповідає очікуваним результатам. Барометричний сенсор BMP280 надавав достовірні дані щодо атмосферного тиску, які корелювали з погодними умовами протягом доби. Графіки, виведені на дисплей, оновлювались у заданий інтервал – кожену хвилину (крім графіка ймовірності опадів, який оновлюється раз на 10 хвилин), і дозволяли відстежувати тенденції змін кліматичних параметрів.

Мобільний додаток, розроблений у середовищі MIT App Inventor, успішно підключався до метеостанції через Bluetooth-модуль, і здійснював прийом та візуалізацію даних. Користувач мав змогу в режимі реального часу переглядати всі ключові метеорологічні показники – температуру, тиск, вологість, висоту над рівнем моря та ймовірність опадів. Функція регулювання яскравості дисплею працювала коректно: рівні 20%, 50%, 70% та 100% відповідали вказаним сценаріям денного та нічного використання.

Тестування додатку проводилося на різних версіях ОС Android (6.0, 7.1.2, 8.0, 9.2), що підтвердило його універсальність і стабільність. Жодних помилок у роботі не було зафіксовано. Система в цілому продемонструвала високу надійність, точність і зручність використання, що дозволяє рекомендувати її для побутового застосування.

Висновок до розділу

У третьому розділі було виконано повний цикл розробки програмного забезпечення для керування мікроконтролерною метеостанцією, що включає як внутрішню логіку на базі мікроконтролера Arduino Nano, так і зовнішній

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

інтерфейс користувача для пристроїв з ОС Android. У процесі реалізації були реалізовані функції ініціалізації компонентів, зчитування та обробки метеорологічних даних, відображення інформації на LCD-дисплеї, а також бездротова передача даних через Bluetooth. Було розроблено алгоритм функціонування системи відповідно до стандартів проєктування, що забезпечує її надійність, точність вимірювань та зручність використання. Додаток для Android, створений у середовищі MIT App Inventor, дозволяє ефективно контролювати та моніторити кліматичні показники в реальному часі. Загальна архітектура програмного забезпечення довела свою ефективність і придатність до подальшої модернізації або інтеграції з іншими IoT-рішеннями.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було здійснено повноцінне технічне проектування мікроконтролерної метеостанції, починаючи з теоретичного обґрунтування і завершуючи розробкою програмного забезпечення та модулів виводу даних. Робота охоплює всі ключові етапи інженерного конструювання та програмування, що дозволяє оцінити комплексність підходу та якість реалізації.

У першому розділі було проаналізовано актуальність створення недорогих, компактних і функціональних метеостанцій, здатних здійснювати базовий моніторинг кліматичних умов у режимі реального часу. Проведено огляд існуючих апаратних рішень, їх технічних характеристик та функціоналу. Це дозволило обґрунтовано сформулювати вимоги до власної системи.

У другому розділі розглянуто архітектуру майбутнього пристрою, вибір схемотехнічного рішення, а також апаратної бази. Окрему увагу приділено вибору мікроконтролера – Arduino Nano, завдяки його компактності, енергоефективності, доступності та широкій підтримці в екосистемі розробників. Було обґрунтовано використання датчиків HDC1080 і BMP280, що забезпечують надійне зчитування кліматичних параметрів, а також застосування модуля DS1307 для відстеження часу, Bluetooth-модуля HC-06 для бездротової передачі інформації та LCD-дисплея 2004 для локального виводу даних. Побудовано принципову електричну схему, здійснено розробку друкованої плати та виконано розрахунок надійності системи.

У третьому розділі було створено програмне забезпечення для мікроконтролера, яке реалізує алгоритм зчитування даних, їх обробку та виведення на дисплей і передачу по Bluetooth. Додатково розроблено мобільний застосунок у середовищі MIT App Inventor, який дозволяє користувачеві переглядати кліматичні показники зі смартфона в зручному форматі.

Загалом реалізована система поєднує простоту конструкції, гнучкість програмної логіки, доступність компонентів та зручність використання. Метеостанція працює стабільно, має можливість розширення функціоналу

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

(наприклад, додавання сенсорів освітленості чи опадів), може використовуватись у навчальному процесі, для побутового моніторингу клімату або в якості складової інтелектуальних систем розумного будинку. Проект підтверджує практичну значущість та прикладну цінність мікроконтролерних рішень у сфері екологічного моніторингу.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Соловійов В. М. Метеорологія та кліматологія: навч. посіб. Київ: Либідь, 2018. 312 с.
2. Грабовський С. І. Побутові метеостанції: огляд сучасних технологій. Сучасні технології в техніці. 2022. № 4, с. 58–64.
3. Ковальчук Н. В. Інтернет речей у розумному будинку: застосування метеостанцій. Вісник Національного технічного університету, 2023. № 1, с. 90–97.
4. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи метеорології та кліматології: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2019. 284 с.
5. Барабаш О. В. Інтернет речей та побутові пристрої: інтеграція та перспективи розвитку. Сучасні інформаційні технології, 2022. № 3, с. 77–84.
6. Netatmo. Netatmo Weather Station. Технічна документація. URL: <https://www.netatmo.com> (дата звернення: 28 квітня 2025 р.).
7. TFA Dostmann GmbH. Системи бездротового моніторингу Weatherhub URL: <https://www.tfa-dostmann.de> (дата звернення: 28 квітня 2025 р.).
8. Bresser GmbH. Інструкція користувача для Weather Center 5-in-1 URL: <https://www.bresser.de> (дата звернення: 28 квітня 2025 р.).
9. Oregon Scientific. BAR208HGX User Manual URL: <https://oregon-scientific.com> (дата звернення: 28 квітня 2025 р.).
10. Xiaomi Corporation. Mi Temperature and Humidity Monitor 2. Специфікація продукту URL: <https://www.mi.com> (дата звернення: 28 квітня 2025р.).
11. Arduino.cc. Офіційний сайт проекту Arduino URL: <https://www.arduino.cc> (дата звернення: 28 квітня 2025 р.).
12. Коваленко О. М. Мікроконтролерні системи збору екологічних даних: монографія. Київ: Політехніка, 2020. 212 с.
13. Сахневич В. П. Проектування та програмування пристроїв на основі Arduino: навч. посіб. Київ: Видавничий дім «Освіта України», 2021. 144 с.

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

14. Margolis M. Arduino Cookbook: Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects. O'Reilly Media, 2020. 750 p.

15. Маліков С. Ю. Основи робототехніки з використанням платформи Arduino: навч. посіб. Харків: ФОП Панов А. М., 2020. 132 с.

16. Гордієнко, П. С. Проєктування друкованих плат в онлайн-середовищі EasyEDA. Електроніка та робототехніка. 2021. № 2(18),с. 32–36.

17. Раков І. В. Основи надійності технічних систем: навч. посіб. Львів: Видавництво ЛНУ, 2018. 224с.

18. Подчашинський Ю. Л. Теорія надійності електронних систем. Київ: КНУ, 2020. 188 с.

19. Cusic, T., Lang, J. MIT App Inventor Projects. Indianapolis: Que Publishing, 2014. 384 p.

20. MIT App Inventor. Explore MIT App Inventor URL: <https://appinventor.mit.edu> (дата звернення: 28 квітня 2025р.).

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А 1.2 – Порівняльна таблиця побутових метеостанцій

Модель	Тип пристрою	Діапазон температур	Діапазон вологості	Додаткові функції	Підключення	Живлення	Інтеграція з мобільними застосунками	Призначення
Netatmo Weather Station	Смарт-метеостанція з Wi-Fi	-40+65 °C	0–100% RH	CO ₂ , шум, тиск, інтеграція у розумний дім	Wi-Fi	USB + батарейки	Так (Netatmo App)	Повний контроль мікроклімату, інтеграція у розумний дім
Bresser Weather Center 5-in-1	Цифрова метеостанція 5-в-1	-40+60 °C	1–99% RH	Вітер, опади, тепловий індекс, кольоровий дисплей	Wi-Fi	Батарейки	Так	Комплексний моніторинг погодних умов
TFA Dostmann Weatherhub	Система з модульними сенсорами	-40+60 °C	0–99% RH	До 50 сенсорів, мобільний застосунок	Wi-Fi через шлюз	Батарейки + адаптер	Так (Weather Hub App)	Розгалужений моніторинг у кількох точках
Oregon Scientific BAR20 8HGX	Цифрова метеостанція	-5+50 °C	25–95% RH	Прогноз погоди, попередження про заморозки	Радіозв'язок	Батарейки	Ні	Базовий моніторинг погоди
Xiaomi Mi Temp & Humidity Monitor 2	Мініатюрний термометр-гігмометр	0+60 °C	0–99% RH	Історія вимірювань, мінімалістичний дизайн	Bluetooth	CR2032 батарейка	Так (Mi Home)	Контроль клімату в окремих приміщеннях

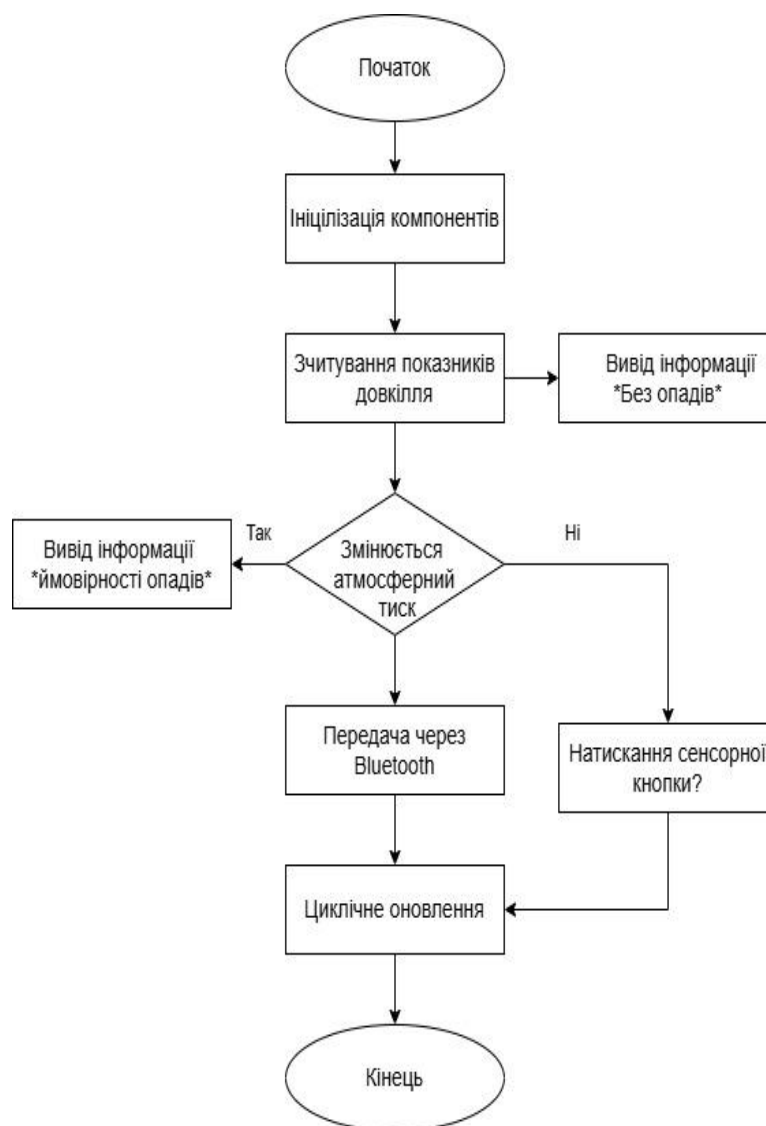


Рисунок Б.1 – Блок-схема алгоритм роботи системи керування мікроконтролерної метеостанції

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Лістинг В.1 – Код для мікроконтролерної метеостанції на базі Arduino Nano

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <ClosedCube_HDC1080.h>

#include <Adafruit_BMP280.h>

#include <RTCLib.h>

// Ініціалізація дисплея (I2C адреса 0x27), 20 стовпців, 4 рядки
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

// Ініціалізація сенсорів
ClosedCube_HDC1080 hdc1080;

Adafruit_BMP280 bmp;

RTC_DS1307 rtc;

void setup() {

  Serial.begin(9600); // Для Bluetooth HC-06

  lcd.init();

  lcd.backlight();

  // Ініціалізація HDC1080
  hdc1080.begin(0x40);
```

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

```
// Ініціалізація BMP280
if (!bmp.begin(0x76)) {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Помилка BMP280");
    while (1);
}

// Ініціалізація RTC
if (!rtc.begin()) {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Помилка RTC");
    while (1);
}

if (!rtc.isrunning()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Метеостанція");
delay(2000);
lcd.clear();
}
```

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```
void loop() {  
    // Зчитування даних  
  
    float temperature = hdc1080.readTemperature();  
  
    float humidity = hdc1080.readHumidity();  
  
    float pressure = bmp.readPressure() / 100.0; // Переведення в hPa  
  
    float altitude = bmp.readAltitude(1013.25); // Висота над рівнем моря  
  
    DateTime now = rtc.now();  
  
  
    // Вивід на LCD 2004  
  
    lcd.setCursor(0, 0);  
  
    lcd.print("T:");  
  
    lcd.print(temperature, 1);  
  
    lcd.print((char)223);  
  
    lcd.print("C H:");  
  
    lcd.print(humidity, 0);  
  
    lcd.print("%");  
  
  
    lcd.setCursor(0, 1);  
  
    lcd.print("P:");  
  
    lcd.print(pressure, 1);  
  
    lcd.print("hPa Alt:");  
  
    lcd.print(altitude, 0);  
  
    lcd.print("m");  
}
```

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Time: ");
lcd.print(now.hour());
lcd.print(":");
if (now.minute() < 10) lcd.print("0");
lcd.print(now.minute());

lcd.setCursor(0, 3);
if (pressure < 1000.0) {
    lcd.print("Стан: Можливі опади");
} else {
    lcd.print("Стан: Безопадів ");
}

// ПередачачерезBluetooth
Serial.print("Температура: ");
Serial.print(temperature);
Serial.println(" C");

Serial.print("Вологість: ");
Serial.print(humidity);
Serial.println(" %");

Serial.print("Тиск: ");

```

					БР.КІ-84.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Serial.print(pressure);

Serial.println(" hPa");

Serial.print("Висота: ");
Serial.print(altitude);
Serial.println(" м");

Serial.print("Час: ");
Serial.print(now.hour());
Serial.print(":");
Serial.println(now.minute());

Serial.print("Станпогоди: ");
if (pressure < 1000.0) Serial.println("Можливіопади");
else Serial.println("Безопадів");

delay(5000); // Оновлення кожні 5 секунд
}
    
```

ДОДАТОК Г

Перелік елементів

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Роз'єми</u>		
CN1	Роз'єм ХН2.54-3Р3-х контактний	1	
P1	Роз'єм живлення DC005(5.5 x2.1мм) на плату	1	

	<u>Модулі</u>		
BM	Bluetooth HC-06	1	
MK	Arduino Nano	1	
RTM	Модуль реального часу	1	
SM	Сенсорний модуль	1	
UM	Мікро usb модуль		
	<u>Датчики</u>		
D1	HDC 1080	1	
D2	BM	1	
	<u>Дисплей</u>		
LCD	Символьний lcd дисплей 2004	1	
	<u>Адаптер</u>		
V	Voltronic JB-0520	1	