

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система
контролю довкілля у віддаленому районі**

Виконав: студент 2 курсу, групи МТ-1м
Спеціальності: 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»
Сергієнко Сергій Олегович

Керівник: д.т.н., професор
Пількевич Ігор Анатолійович

Рецензент: к.т.н., доцент
Добржанський О.О.

Житомир – 2023

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

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« 19 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Сергієнко Сергій Олегович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю довкілля у віддаленому районі

Керівник роботи: д.т.н., професор Пількевич Ігор

затверджена наказом по університету від « 9 » листопада 2023 р. № 648/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 19 » грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи вимірювання температури, тиску та вологості, вимірювання сейсмічних даних поверхні землі, вимірювання вмісту CO₂ в повітрі, відлік реального часу, вмикання/вимикання системи, вивід вимірюваних значень з датчиків на дисплей; пересилка вимірюваних даних по каналу gsm на відстань; розрахунок метрологічних характеристик та їх оцінка, галузь застосування інформаційно-вимірювальної системи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) огляд та аналіз існуючих методів вимірювання температури, вологості, тиску, вібрацій землі, розробка структурної схеми системи, вибір складових елементів вимірювальної системи, розробка блок-схеми алгоритму та програми вимірювальної системи, оцінка вимірюваних значень з температури та розрахунок метрологічних характеристик вимірювальної системи

5. Перелік графічного матеріалу
структурна схема вимірювань, принципова схема, блок-схема алгоритму

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-2	Лугових О.О.		
3-4	Пількевич І.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд та аналіз існуючих систем моніторингу довкілля	01.10.23 – 05.10.23	Виконано
2	Формулювання завдань магістерської роботи	06.10.23 – 09.10.23	Виконано
3	Опис методів вимірювань температури, тиску, вологості, вібрацій землі та вмісту CO ₂	14.10.23 – 27.10.23	Виконано
4	Розробка структурної схеми	04.10.23 – 15.10.23	Виконано
5	Вибір складових елементів вимірювальної системи	16.10.23 – 22.10.22	Виконано
6	Розробка блок-схеми алгоритму та програми роботи	05.11.23 – 20.11.23	Виконано
7	Розробка програми оцінки метрологічних характеристик	21.11.23 – 04.12.23	Виконано
8.	Розрахунок та оцінка метрологічних характеристик	05.12.23 – 10.12.23	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	11.12.23 – 19.12.23	Виконано

Студент

Сергієнко С.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Пількевич І.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальна система контролю довкілля у віддаленому районі.

В першому розділі роботи були розглянуті існуючі рішення контролю довкілля у віддаленому районі. Також був проведений опис існуючих методів контролю довкілля та опис параметрів контролю довкілля.

В другому розділі розглянуті види датчиків для вимірювання довкілля. Обґрунтовані складові елементи та побудована структурна схема.

В третьому розділі були обрані складові контролю довкілля та побудована принципова схема.

В четвертому розділі була розроблена блок-схема алгоритму для роботи програми системи контролю довкілля. Також розроблена програма для оцінки метрологічних характеристик.

Ключові слова: метеодані, температура, тиск, вологість, вібрації землі, вміст вуглекислого газу, мікроконтролер, метрологічні характеристики.

ABSTRACT

In this qualification work, a computerized information and measurement system for monitoring the environment in a remote area was developed.

In the first part of the work, existing solutions for environmental control in a remote area were to be considered. A description of existing environmental control methods and a description of environmental control parameters were also carried out.

In the second section, the types of sensors for measuring the environment are considered. Reasoned constituent elements and constructed structural scheme.

In the third section, the components of environmental control were selected and a schematic diagram was built.

In the fourth chapter, a block diagram of the algorithm for the operation of the environmental control system program was developed. A program for evaluating metrological characteristics has also been developed.

Keywords: weather data, temperature, pressure, humidity, ground vibrations, carbon dioxide content, microcontroller, metrological characteristics.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1.ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КОНТРОЛЮ ДОВКІЛЛЯ.....	10
1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання метеоданих.....	10
1.2.Опис існуючих методів контролю довкілля.....	21
1.3.Параметри контролю довкілля.....	24
1.4. Формулювання завдань, що вирішуються в роботі.....	29
Висновки до 1 розділу.....	30
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	32
2.1. Види датчиків для вимірювання довкілля.....	32
2.2. Обґрунтування мікроконтролера.....	35
2.3.Обґрунтування пристроїв для відображення та передачі даних.....	37
2.4. Обґрунтування блока живлення.....	38
2.5. Структурна схема.....	38
Висновки до 2 розділу.....	40
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	41
3.1. Вибір мікроконтролера.....	41
3.2.Вибір датчиків.....	43
3.3. Вибір пристроїв для відображення та передачі даних.....	50
3.4.Вибір кнопки.....	54
3.5.Вибір блока живлення.....	55
3.6. Принципово електрична схема.....	57
Висновок до 3 розділу.....	58
4.РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	59
4.1.Розробка алгоритму.....	59
4.2.Розробка програми.....	61

4.3. Методи програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації.....	63
Висновок до 4 розділу.....	69
ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТКИ.....	75

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

КІВС – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система

МК – мікроконтролер

ОЗП – оперативно-запам'ятовуюча пам'ять

ПЗП – постійно запам'ятовуюча пам'ять

СКВ – середнє квадратичне відхилення

ВСТУП

Актуальність теми. Вимірювання та збір показників метеоданих на сьогоднішній день є важливим.

Від моніторингу метеоданих залежить багато сфер людської життєдіяльності: сільське господарство, транспортна сфера, військова сфера, геологічна сфера, сфера будівництва.

Знаючи температуру повітря та забрудненість, вібрації землі люди можуть передбачити різні стихійні природні явища та можуть придіяти заходи для збереження свого життя та майна.

На сьогодні є велика кількість сучасних систем для вимірювання та моніторингу метеоданих. Системи для метеоданих вимірюють показники та виводять їх на дисплей пристроїв. Далі спеціалісти з метеорології аналізують та подають їх далі в спеціальні центри, які оприлюднюють ці дані. Але для сучасності це дуже довго цепочка. В випадку стихійного лиха на сигнал порятунку може бути менше десяти хвилин. Велика час передачі та аналізу даних до кінцевого користувача та відсутність дистанційної передачі метеоданих є основним недоліком існуючих систем вимірювання та збору метеоданих.

Отже, актуальність розробки комп'ютеризованої системи вимірювання та збору метеоданих у віддаленому районі полягає в вимірюванні метеоданих та дистанційну передачу даних в координаційний центр.

Метою даної роботи є розробка нової комп'ютеризованої системи вимірювання та збору метеоданих у віддаленому районі.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження схем вимірювання та збору метеоданих;
- вибір контрольованих параметра і розробка на їх основі структури комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальна система контролю довкілля;
- розробка структурної та принципової схеми комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи контролю довкілля;

– розробка блок-схеми алгоритму та програми забезпечення комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи контролю довкілля;

– розробка метрологічного забезпечення комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи шляхом експериментального підтвердження метрологічних похибок вимірювальних методик.

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання температури, вологості, тиску, вібрацій землі та вмісту вуглекислого газу.

Предмет дослідження – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю довкілля у віддаленому районі.

Методи дослідження базуються на використанні методів визначення температури, вологості та тиску, вібрацій землі та вмісту вуглекислого газу, , застосуванні методів обробки метрологічних характеристик за критеріями Ірвіна, Романоського та Діксона.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

1) Удосконалено програмно-алгоритмічний метод визначення параметрів довкілля на основі чисельного обчислення з подальшою програмною реалізацією;

2) Удосконалено структурну схему КІВС контролю довкілля;

Практична цінність даної роботи полягає в:

1) вибрано сучасну елементну базу системи вимірювання метеоданих;

2) розраховано метрологічні характеристики комп'ютеризованої системи метеоданих;

3) пропонується впровадити модуль вимірювання вмісту вуглекислого газу та GSM модуль, що дозволить передати вимірювальні метеодані на відстань.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 74 сторінках основного тексту і містить 25 рисунків, 6 таблиць та 30 джерел.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КОНТРОЛЮ ДОВКІЛЛЯ

1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання метеоданих

Існує багато приладів для вимрювання метеоданих. Розглянемо найпопулярніші на сьогоднішній час.

MISOL WH1080 – сучасна, професійна метеостанція для самостійного відслідковування і прогнозування погодних умов.

Метеостанція складається з великого дисплею-консолі, який підключається до комп'ютера і зовнішнього блоку, який збирає основну частину показань. На сенсорному дисплеї відображається швидкість вітру, напрямок, кількість опадів, атмосферний тиск, температура та вологість повітря (зовні та в приміщенні), а також відображаються параметри з розрахунковими даними: індекс холоду та тепла, точка роси тощо.

Сенсорний РК-дисплей оснащено підсвічуванням для зручного зчитування інформації в нічний час. У внутрішній пам'яті приймача (дисплея) може зберігатися 3552 даних вимірювання, які можна скопіювати у форматі (*.csv). Дані можна переглядати та аналізувати в програмі Excel на комп'ютері або ноутбучі.



Рис. 1.1. Метеостанція MISOL WH1080

Вбудовані функції фіксації мінімальних і максимальних показників всіх параметрів вимірювання із позначкою часу та дати, налаштування сигналізації при зміні параметрів погоди, вбудований компас, календар, будильник з можливістю зміни часового поясу значно полегшують роботу з метеостанцією.

Метеостанція MISOL WH1080 широко використовують для моніторингу погодних умов в різних галузях, для планування відпочинку і організації повсякденної діяльності.

- Особливості й переваги метеостанції MISOL WH1080
- Частота бездротового зв'язку – 433 МГц.
- На сенсорному дисплеї відображається швидкість вітру, напрямок, кількість опадів, атмосферний тиск, температура та вологість повітря (зовні та в приміщенні).
- Приймач (дисплей) можна підключити до ПК за допомогою USB-кабелю та завантажувати дані на веб сайт: www.wunderground.com.
- Приймач (дисплей) зберігає дані вимірювання, які можна скопіювати у форматі (*.csv). Дані можна переглядати та аналізувати в програмі Excel на ПК.
- Безкоштовне програмне забезпечення ПК для перегляду даних погоди після підключення приймача (дисплея) до ПК (мова програмного забезпечення: китайська, чеська, данська, німецька, англійська, французька, угорська, польська, шведська, іспанська).
- Інтервал запису історії – від 1 до 240 хвилин (з можливістю регулювання).
- Приймач (дисплей) може зареєструвати 3552 записи.
- Вимірювання кількості опадів (дюйми або міліметри) за 1 годину, 24 години, тиждень, місяць та загальна кількість опадів з моменту останнього скидання.
- Запис мінімальних/максимальних показників всіх параметрів вимірювання із позначкою часу та дати.

- Вимірювання температури точки роси °F/°C.
- Вимірювання швидкості вітру в м/год, м/с, км/год, вузлах або шкала Бофорта.
- Сенсорний РК-дисплей з підсвічуванням для зручного зчитування погодних умов.
- На РК-дисплеї відображаються піктограми прогнозу погоди.
- Налаштування сигналізації для внутрішньої та зовнішньої температури та вологості, точки роси, кількості опадів, швидкості вітру, атмосферного тиску та штормове попередження.
- Вимірювання барометричного тиску у гПа або дюймах ртутного стовпчика.
- Вимірювання температури повітря в приміщенні/назовні (°F/°C).
- Вимірювання вологості повітря в приміщенні/назовні (%RH).
- Час на дисплеї відображається в 12-годинному або 24-годинному форматі.
- Пристрій оснащено компасом, вбудованим календарем, будильником, можливістю зміни часового поясу.
- Спеціальне кріплення для підвісного або настільного розташування станції.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики метеостанції MISOL WH1080

Вимірювання зовнішніх даних	
Відстань передачі	Максимально 100 метрів (330 футів) (випробувано у відкритому полі без перешкод)
Частота	433 МГц
Діапазон вимірювання температури	-40 ~ 60 °C / -40 ~ 140 °F
Точність вимірювання температури	±1 °C
Роздільна здатність при	0,1 °C

вимірюванні температури		
Діапазон вимірювання вологості		10 % ~ 99 %
Точність вимірювання вологості		±5 %
Роздільна здатність при вимірюванні вологості		1 %
Об'єм дощу		0 ~ 9999 мм
Роздільна здатність		0,3 мм (якщо обсяг дощу < 1000 мм), 1 мм (якщо обсяг дощу ≥ 1000 мм)
Точність вимірювання об'єму дощу		±6 %
Швидкість вітру		0 ~ 50 м/с (0 ~ 100 миль/год)
Точність вимірювання швидкості вітру		±1 м/с (швидкість вітру < 5 м/с) ±10 % (швидкість вітру ≥ 5 м/с)
Напрямок вітру		від 0 до 359 градусів
Інтервал вимірювання зовнішнього датчика		48 секунд
Вимірювання даних в приміщенні		
Діапазон вимірювання температури в приміщенні		0 ~ 50°C / 32 ~ 122 °F
Роздільна здатність при вимірюванні температури в приміщенні		0,1 °C
Точність вимірювання температури в приміщенні		±1 °C
Діапазон вимірювання вологості в приміщенні		10 ~ 99 %
Точність вимірювання вологості в приміщенні		±5 %
Роздільна здатність при вимірюванні вологості в приміщенні		1 %
Діапазон вимірювання тиску повітря		300 ~ 1100 гПа (8,85 ~ 32,5 дюйма рт. ст.)
Точність вимірювання тиску повітря		±3 гПа

Роздільна здатність при вимірюванні тиску повітря	0,1 гПа (0,01 дюйма рт. ст.)
Інтервал вимірювання внутрішнього датчика	48 секунд
Тривалість сигналізації	120 секунд
Споживання енергії	
Базова станція (дисплей)	3 батарейки типу АА 1,5 В (не входять у комплект)
Зовнішній датчик	2 батареї типу АА 1,5 В (не входять в комплект)

Комплектація метеостанції MISOL WH1080

- Метеостанція MISOL WH1080.
- Зовнішній датчик розміром 46x12x20 см.
- Інструкція з експлуатації..[1]

Метеостанція Bresser Weather Center 5-in-1 Beaufort представлена на рис.1.2.



Рис.1.2. Метеостанція Bresser Weather Center

Сучасна метеостанція з прогнозом погоди Bresser Weather Center 5-in-1 Beaufort (7002525) забезпечує вимірювання таких важливих метеопараметрів як

величина атмосферного тиску, швидкість та напрям вітру, рівень, опадів, температура та відносна вологість повітря та ще багато інших вимірювань.

Вбудована функція тривожних сповіщень попередить вас про вихід вимірюваних параметрів за вказані межі.

Усі датчики скомпоновані в єдиному блоці, що значно спрощує та прискорює процес встановлення та монтажу. Унікальний кольоровий дисплей має широкий кут огляду та високий контраст. Сучасний лаконічний дизайн та широкий спектр функцій дозволить з рівним успіхом використовувати цю метеостанцію як у квартирі, так і на присадибних ділянках.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики метеостанції Bresser Weather Center

Тип	Метеостанція
Вид	Електронний
Комплектація	Консоль Блок датчиків Блок живлення Кріплення для монтажу блоку датчиків
Вага в упаковці	1,4 кг
Країна-виробник товару	Китай
Вага	Метеостанція: 225 г Блок датчиків: 673 г
Гарантія	12 місяців
Габарити	Метеостанція: 118 x 192.5 x 21 мм. Блок датчиків: 344 x 394 x 136 мм
Країна реєстрації бренду	Німеччина
Матеріал корпусу	Пластик
Дисплей	ЖК Кольоровий
Додатково	Годинник Будильник Календар Тенденції зміни погоди та температури
Живлення станція/датчик	Межевий адаптер 5V 600mA/

	Батарейки
Метео вимірювання	Прогноз погоди Атмосферний тиск Вимірювання температури та вологості Вимірювання рівня опадів Температурна сигналізація Вимірювання швидкості та напрямки вітру, температури охолодження вітром
Зовнішні датчики	Датчики зовнішньої температури та вологості, рівня опадів, вимірювання швидкості та напрямку вітру, температури охолодження вітром
Максимальна кількість зовнішніх датчиків	1
Тип зовнішнього датчика	Бездротовий
Колір станція / датчик	Black/White
Додаткові функції	Годинник Будильник Календар Тенденції зміни погоди і температури
Спосіб установки	Настінні / настільні

Особливості метеостанції Bresser Weather Center

Дисплей:

- LED дисплей має широкий кут огляду та високий контраст;
- Постійне підсвічування дисплея під час роботи від блока живлення;
- Вибір рівня яскравості підсвічування під час роботи від блока живлення, можливо автоматично в залежності від навколишнього освітлення: висока яскравість – мінімальна яскравість – відключення підсвічування.

Прогноз погоди:

- Прогноз погоди на 12:00.;

– Символьний прогноз погоди. На дисплеї відображаються піктограми (зрозуміло, мінлива хмарність, похмуро, дощ, злива/гроза, снігопад).

Атмосферний тиск:

- Одиниця виміру: hPa, inHg, mmHg (міліметри ртутного стовпа);
- Діапазон вимірювання атмосферного тиску: від 850 до 1050 hPa (від 25.10 inHg до 31.00 inHg; від 637.5 mmHg до 787.5 mmHg);
- Роздільна здатність вимірювання: 0.1 hPa (0.003 inHg, 0.08 mmHg);
- Точність вимірювання: +/- 5 hPa (0.015 inHg, 0.38 mmHg);
- Діаграма зміни атмосферного тиску за останні 24 години;
- Автоматична реєстрація мінімальних та максимальних значень атмосферного тиску.

Температура у приміщенні:

- Одиниці виміру: °C або °F;
- Діапазон вимірювання: -10°C до +50°C (14°F до 122°F);
- Роздільна здатність вимірювання: 0.1°C або 0.2°F;
- Точність вимірювання: +/- 1°C (+/- 2°F);
- Оновлення показань кожні 10 с;
- Автоматична реєстрація мінімальних та максимальних значень температури;
- Звуковий сигнал при виході температури за встановлені значення.

Зовнішня температура:

- Одиниці виміру: °C або °F;
- Діапазон вимірювання: -40°C до +60°C (-40°F до 140°F);
- Роздільна здатність вимірювання: 0.1°C або 0.2°F;
- Точність вимірювання: +/- 1°C (+/- 2°F);
- Оновлення показань кожні 47 сек.;
- Автоматична реєстрація мінімальних та максимальних значень температури;
- Звуковий сигнал при виході температури за встановлені значення.

Вологість у приміщенні:

- Одиниці виміру: % RH;
- Діапазон виміру: 20% до 90%;
- Роздільна здатність вимірювання: 1%;
- Точність виміру: +/-7%;
- Оновлення показань кожні 10 с;
- Автоматична реєстрація мінімальних та максимальних значень вологості;

- Звуковий сигнал при виході рівня вологості за встановлені значення;
- Визначення рівня комфорту в приміщенні: комфортно, волого, сухо.

Зовнішня вологість:

- Одиниці виміру: % RH;
- Діапазон виміру: 1% до 99%;
- Роздільна здатність вимірювання: 1%;
- Точність виміру: +/-7%;
- Оновлення показань кожні 47 сек.;
- Індикація тенденції зміни вологості;
- Автоматична реєстрація мінімальних та максимальних значень вологості;

- Звуковий сигнал при виході рівня вологості за встановлені значення.

Передача даних від зовнішнього датчика:

- Частота передачі: 868 MHz
- Дальність передачі: до 150 м.[2]

Погодна станція Sencor SWS 12500 WiFi представлений на рис.1.3.

Технічні характеристики:

Страна виробник: Китай;

Тип: метеостанції;

Тип механізму: Електронний;

Функції: Фази луни, Влагність, Дата, Прогноз погоди, Термометр, Години;

Оснащення: Передатчик;

Спосіб встановлення: Настільний;

Розміри, мм: 140x240x21;

Колір: Чорний;

Габарити в упаковці (ВхШхГ), см: 28x15x39;

Вес в упаковці, кг 2,3.



Рис.1.3. Погодна станція Sencor SWS 12500 WiFi

Особливості:

1) Підтримка загальнодоступних метеорологічних платформ «Weather Underground» та «Weathercloud»;

- 2) Публікація даних місцевої метеостанції на загальнодоступних метеорологічних платформах;
- 3) Підтримка смарт-пристроїв, доступ до даних та історії онлайн;
- 4) TRUE BLACK РК-дисплей з діагоналлю 8,4 дюйми (21,4 см);
- 5) Налаштування контрастності РК-екрана для перегляду з різних кутів;
- 6) Прогноз на 12-24 години на підставі змін тиску та температури повітря;
- 7) Прогноз погоди (сонячно, невелика хмарність, хмарно, дощ, гроза, сніг);
- 8) Показники температури та вологості всередині приміщення з індикатором рівня комфорту;
- 9) Показники температури та вологості на вулиці з індикатором рівня комфорту;
- 10) Барометричний тиск у відносному або абсолютному значенні (гПа, дюймів рт. ст., мм. рт. ст.);
- 11) Діапазон температури у приміщенні: від -5 до 50 °C;
- 12) Діапазон зовнішньої температури: від -40 до +60 °C;
- 13) Діапазон вологості у приміщенні: від 1 % до 90 % ОВВ;
- 14) Діапазон вологості поза приміщеннями: від 1% до 90% ОВВ;
- 15) Індeksi погоди поза приміщеннями: відчуття, вітро-холодовий індекс, точка випадання роси та жаро-вологий індекс;
- 16) УФ-індекс (0–16) з індикатором (низький, помірний, високий, дуже високий, екстремальний);
- 17) Інтенси́вність світла (клк, kFC, Вт/м²) та час до сонячного опіку (хвилин);
- 18) Збережені в пам'яті рекордні максимальні та мінімальні значення із зазначенням часу та дати;
- 19) Журнал записів на останні 24 години;
- 20) Стандарт WiFi: 802.11 b/g/n, робоча частота: 2,4 ГГц.[3]

1.2.Опис існуючих методів контролю довкілля

Для щоб контролювати довкілля, повинні існувати методи, за допомогою яких це відбувається. Отже, розглянемо основні такі методи:

1) Прогнозування постійності – являється найпростішим методом прогнози погоди. Його суть полягає в тому, що він спирається на сьогоднішні погодні умови коли вона знаходиться в стійкому стані, для прогнозування погоди. Даний метод прогнозування дуже сильно залежить від наявності погоди, яка протягом тривалого часу не змінюється. Він використовується як у короткострокових, так і в довгострокових прогнозах. Прогнози постійності використовуються місцевими синоптиками при визначенні часу приходу грози в дану місцевість.

2) Кліматологічне прогнозування. Хоча прогнозування сталості є найбільш точним протягом коротких періодів (до того, як фактори зміни встигнуть спрацювати), найкращою оцінкою погоди на тривалий період вперед є середнє значення минулих вимірювань у цей час доби та року. Прогноз кліматології ґрунтується на спостереженні, що погода на певний день в певному місці не сильно змінюється з року в рік. Як результат, довгострокове середнє значення погоди в певний день або місяць має бути хорошим припущенням про погоду на цей день або місяць.

3) Спостереження за небом. Стан неба, так само як тиск, є одним з найбільш важливих параметрів погоди, які використовуються для прогнозу погоди, особливо в гірських районах. Згущення хмар вказує на те, що в найближчому майбутньому буде дощ. На гарну погоду вказує ранковий туман, тому що дощовим умовам передують вітер або хмари, а вони перешкоджають утворенню туману. Також на гарну погоду в найближчому часі вказує безхмарне небо.

4) Барометр. З кінця 19 століття в прогнозуванні погоди використовується атмосферний тиск та тенденції до його зміни з часом. Ймовірність дощу зростає при зниженні тиску. Натомість підвищення

атмосферного тиску означає покращення погодних умов, наприклад ясне небо.

5) Спостереження за якістю повітря, а саме за смістом вуглекислого газу. Спостереження за вмістом вуглекислого газу довкілля є важливим показником. Забруднення екології на разі дуже велике. Завдяки вмісту вуглекислого газу можна моніторити небезпечні викиди в атмосферу та повітря, виявляти пожежу та несанкціоновані підпали, пожежи.

6) Спостереження за сейсмічною ситуацією також є дуже важливо. Передбачення землетрусів та своєчасно сповіщення є дуже актуальною задачею.

7) Прогноз поточної погоди. Прогноз погоди на найближчі шість годин часто називають прогнозом поточної погоди. У цьому часовому діапазоні можна з високою точністю прогнозувати невеликі явища, такі як зливи, грози, а також інші явища, занадто дрібні, щоб їх можна було визначити за допомогою комп'ютерної моделі. Людина, що володіє новітніми даними радарів, супутників і спостережень, зможе краще проаналізувати наявні дрібномасштабні об'єкти і таким чином, зможе зробити більш точний прогноз на наступні кілька годин. Суворая погода, як правило, триває недовго (менше двох годин), і через її мезомасштабний характер (менше ста кілометрів) вона впливає на регіональні райони, вимагаючи прогнозів для конкретного об'єкта. У цю категорію входять грози, поривчасті фронти, торнадо, сильні вітри, особливо вздовж узбереж, над озерами і горами, сильний сніг. Розвиток радіолокаційних мереж, нових приладів і високошвидкісних ліній зв'язку забезпечило засоби видачі попереджень про такі явища. Методи прогнозування поточної погоди використовують високоавтоматизовані комп'ютери та системи аналізу зображень для швидкої інтеграції даних з різних джерел. Інтерпретація відображених даних вимагає кваліфікованого персоналу та широкого програмного забезпечення для надання відповідної інформації. Оперативне прогнозування небезпеки вітру та зливових дощів в аеропортах є одним із прикладів важливості процедур прогнозування погоди.

8) Використання моделей прогнозування. У минулому люди складали повний прогноз погоди на основі наявних спостережень. Сьогодні, як правило, робота людини обмежується вибором моделі на основі різних параметрів, таких як похибки моделі та продуктивність. Використання одночасно кількох різних моделей може зменшити похибку прогнозу погоди.

9) Аналоговий метод – даний метод прогнозування погоди є доволі складним. Синоптик має запам'ятовувати попереднє погодні явище, яке, як очікується, буде імітовано майбутньою подією. Завдання аналогового синоптика полягає в тому, щоб знайти дату в історії, коли погода ідеально відповідає або 21 аналогічна сьогоднішній погоді. Тоді прогноз на завтра простий – що б не трапилося на наступний день після аналога, це буде погода на завтра. Прогноз на післязавтра — це те, що сталося на другий день після аналога, і так далі. Що робить цей метод складним у використанні, так це те, що рідко існує ідеальний аналог для події в майбутньому [4].

10) Ансамблеві прогнози. Усі математичні моделі прогнозування погоди мають обмежені можливості. Вони не можуть розрахувати метеорологічні параметри в абсолютно кожній точці простору в абсолютно кожен момент часу. Такі фізичні процеси, як тумани і ожеледь, в силу локальності і складності природи, важко описати за допомогою математики. До того ж задані параметри про поточний стан погоди не можуть бути абсолютно точними. Тому з'явилися сучасні методи прогнозування — «ансамблеві». Розрахунок прогнозу запускається не один, а кілька разів, зі злегка різними вхідними даними. Ансамблеві прогнози дозволяють розрахувати ймовірність явища. Наприклад, ймовірність опадів становить 80%. Це означає, що з 50 членів ансамблю 40 (абсолютна більшість) прогнозують дощ. Разом з тим, є 10 членів, які виключають опади.

11) Прогноз погоди від нейромережі. З розквітом нейромереж їх стали активно застосовувати в прогнозуванні погоди. Основний плюс — не потрібно розв'язувати складні фізичні рівняння і зберігати величезні обсяги інформації. Ви збираєте деякий архів даних, а потім нейромережа самостійно аналізує його і виділяє закономірності. Алгоритми машинного навчання

застосовує наприклад, " «Google.Погода», використовуючи систему Meteum. Нейромережа бере прогнози, розраховані американською, канадською, японською та європейською моделями, і рахує свій за моделлю WRF. Ці прогнози звіряються з реальними спостереженнями в декількох точках міста, зібраних по метеостанціях і супутниках. Потім вона знаходить повторювані закономірності і видає прогноз [5].

1.3.Параметри контролю довкілля

Параметри контролю довкілля – зовнішні кліматичні фактори, що об'єктивно впливають і можуть вказувати на зміну погоди та кліматичних умов в короткострокових, середньострокових та довгострокових прогнозах. Такі параметри: температура, вологість атмосферний тиск, вміст вуглекислого газу. Вимірюються за допомогою спеціальних інструментів, таких як барометри, термометри, метеозонди, метеосупутники та відповідні метеодатчики датчики.

Температура – це фізична величина, яка характеризує стан теплової рівноваги системи тіл.

Тепловий рух – це хаотичний рух молекул і атомів, який визначає температуру тіла.

Частинки тіла завжди мають кінетичну енергію оскільки безперервно рухаються.

Чим вища температура тіла, тим швидше рухаються частинки.

Швидкість руху окремих частинок постійно змінюється. Та в стані теплової рівноваги середня кінетична енергія частинок усіх тіл системи є однаковою.

Температура – міра середньої кінетичної енергії хаотичного руху частинок, із яких складається тіло. Прилади для вимірювання температури називаються термометрами.

Основні шкали вимірювання температури:

- Цельсія ($^{\circ}\text{C}$);
- Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$);
- Кельвін(K);
- Шкала Ранкіна.

Температурна шкала – система порівнянних чисельних значень температури.

Кожна температурна шкала містить дві або декілька крапок реперів, що позначають температуру якого-небудь відтворного процесу. Загальновизнаними крапками реперів є точки танення льоду і кипіння води. У практичній метеорології користуються стоградусною шкалою, або шкалою Цельсія (0°C), і шкалою Фаренгейта (0°F). На першій з них вказані крапки реперів позначені 0 і $+1000$, на другій $+32$ і $+2120$. У обох шкалах, таким чином, існують температури нижче за нуль, тобто негативні. У апроксимованій абсолютній температурній шкалі вказані крапки реперів позначаються 273 K і 373 K .

Температура по шкалі Фаренгейта ($t\text{ }^{\circ}\text{F}$) зв'язана с температурою по шкалі Цельсія ($t\text{ }^{\circ}\text{C}$) співвідношеннями (1.1,1.2):

$$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 5/9 (t\text{ }^{\circ}\text{F} - 32), \quad (1.1)$$

$$t\text{ }^{\circ}\text{F} = 9/5 * t\text{ }^{\circ}\text{C} + 32. \quad (1.2)$$

Кельвін (K) – одиниця вимірювання температури в системі СІ, що позначається символом К. Шкала Кельвіна (абсолютна шкала) є термометричною абсолютною шкалою, тобто нуль в цій шкалі означає найнижчу теоретично можливу температуру, яку може мати тіло. Це температура, при якій (згідно з класичною фізикою) будь-які коливання молекул припинилися. Однак ця температура не може бути досягнута — вона була розрахована за функцією, яка змушує температуру залежати від кінетичної енергії в ідеальних газах. Ця функція була розроблена Вільямом

Томсоном, лордом Кельвіном, на честь якого були названі шкала та одиниця вимірювання температури.

Шкала Ранкіна ($^{\circ}\text{Ra}$) – це абсолютна шкала, тобто нуль в цій шкалі означає мінімально можливу температуру, яку може мати ідеальний кристал, при якій будь-які коливання молекул припинилися (абсолютний нуль). Ця температура була розрахована на основі функції, яка залежала від температури від кінетичної енергії коливань молекул в ідеальному кристалі. Це еквівалент шкали Кельвіна для градусів за Фаренгейтом. Формула (1.3):

$$\text{Ra} = ^{\circ}\text{F} + 459,76 \quad (1.3)$$

Також є інші шкали вимірювання температури, які рідко використовуються, а саме: шкала Реоюра, шкала Ремера, шкала Дізеля, шкала Ньютона.[6]

Тиск – фізична величина, яка чисельно дорівнює силі, що діє на одиницю площі поверхні тіла та діє за напрямом зовнішньої нормалі до цієї поверхні.

Тиск позначається малою латинською літерою P і визначається за формулою:

$$P = \frac{F_n}{S} \quad (1.4)$$

де S – площа поверхні, на яку діє сила, а – складова цієї сили, нормальна (перпендикулярна) до поверхні.

У системі SI тиск вимірюється у паскалях. $1\text{Па} = 1\text{ Н/м}^2$. Іншими популярними одиницями вимірювання тиску є торр або міліметр ртутного стовпа й атмосфера або бар. Позасистемна одиниця тиску – п'єза.

Атмосферний тиск – тиск, створюваний атмосферою на предмети, що знаходяться в ній, і на земну поверхню. На рівні моря атмосферний тиск близький до тиску, яке створює стовп ртуті висотою 760 мм.[7]

Барометр – це прилад для вимірювання атмосферного тиску, який показує значення у міліметрах ртутного стовпчика та паскалях. Від винаходу першого барометра в 1643 до цього часу такий пристрій неодноразово змінювалося і вдосконалювалося. І зараз ми маємо досить простий і зручний у використанні пристрій, за допомогою якого найчастіше передбачають погоду. [8]

Вологість – це показник вмісту водяної пари повітря. Кількість водяної пари в повітрі залежить від розглянутого раніше контролю над випаровуванням. Існує кілька способів, за допомогою яких метеоролог може висловити вологість повітря. Кожна міра вологості контролюється певною мірою температурою повітря.

Абсолютна вологість – це вага водяної пари на одиницю об'єму повітря, зазвичай вимірюється в одиницях грам водяної пари на кубічний метр повітря. Абсолютна вологість не часто використовується для вираження вологості повітря, оскільки вона чутлива до змін як температури повітря, так і атмосферного тиску. Наприклад, скажімо, що 1 кубічний метр повітря на поверхні має 2 грами води. Тепер підніміть посилку повітря вгору в атмосферу. Коли повітря піднімається вгору, зниження атмосферного тиску на посилку дозволяє йому розширюватися назовні, займаючи більше місця. Припустимо, посилка подвоюється в розмірі в результаті підняття. До підйому абсолютна вологість становила 2 г/м³. Оскільки повітря подвоюється в об'ємі, нова абсолютна вологість становить 1 г/м³. Насправді посилка ще має таку ж вагу води в ній, 2 грами. Але з огляду на спосіб обчислення абсолютної вологості, виявляється, кількість води в повітрі зменшилася.

Замість абсолютної вологості ми використовуємо міру, яка не чутлива до зміни обсягу повітря. Питома вологість вимірюється як вага водяної пари в повітрі на одиницю ваги повітря, що включає масу водяної пари. Одиниці виміру – грами водяної пари на кілограм повітря. З огляду на, що на вагу істотно не впливають температура або атмосферний тиск, питома вологість набагато корисніше в якості міри вологості.

Температура точки роси – це температура, при якій відбувається конденсація і використовується як міра вологості. Температура точки роси залежить від кількості вологи в повітрі, чим більше вологи в повітрі, тим вище температура точки роси. Вона отримує свою назву «точка роси», оскільки роса буде утворюватися на поверхнях, коли повітря досягне насичення.

Відносна вологість – це відношення кількості водяної пари в повітрі до точки його насичення. Часто відносна вологість визначається як кількість водяної пари в повітрі до «скільки він може утримувати» при заданій температурі. Поняття утримуючої здатності розвіюється, коли розглядається, що насправді означає насичення. Незалежно від того, що ми знаємо, це те, що рівень насичення повітря щодо водяної пари залежить від температури повітря.[9]

Діоксид вуглецю, карбон(IV) оксид, вуглекислий газ, CO_2 – тривка хімічна сполука, поширена в природних газах, що містять його в кількості від декількох відсотків до практично чистого вуглекислого газу. Безбарвний, не має смаку і запаху. Є кінцевим продуктом окиснення вуглецю, не горить, не підтримує горіння і дихання.

За активної діяльності людей у приміщеннях склад повітря змінюється. Він забруднюється, оскільки у навколишнє середовище при диханні та, випаровуючись через шкіру людей, виділяються шкідливі газоподібні забруднювачі: сірководень, аміак, ацетон, вуглекислий газ та інші домішки. Вуглекислий газ або двоокис вуглецю – CO_2 відносять до особливо шкідливих газів, які при достатній концентрації негативно впливають на організм людини.

Людина вдихає повітряну суміш, що містить до 20,9% кисню та до 0,03 – 0,04% вуглекислого газу, а видихає повітря, в якому до 16,3% кисню та до 4% вуглекислого газу. Вміст вуглекислого газу у повітря, що вдихається і видихається, збільшується в гірший бік майже в 100 разів!

Тому в будь-якому приміщенні концентрація двоокису вуглецю, поряд з іншими шкідливими випарами, поступово збільшується і може стати

небезпечною, якщо люди перебувають там тривалий час. CO₂ важче за інші компоненти повітря, він накопичується в нижній частині приміщення, що необхідно врахувати при організації циркуляції повітряних мас. Концентрацію цього газу визнано індикатором загального забруднення повітря в приміщенні.

Кількість CO₂, що міститься в повітрі – концентрацію в одиниці об'єму, вимірюють в ppm.

Число «ppm» (англ. – parts per million) дорівнює кількості частці будь-якого газу в мільйоні частинок повітряної суміші. Значення 1000 ppm означає, що 0,1% обсягу становить частка, займана певним газом у загальному обсязі повітря.[10]

Сейсмічна активність та вібрації землі визначаються сейсмографами, віброметрами та акселерометрами.

Землетруси все ще залишаються однією із найнебезпечніших загроз для людей у всіх куточках планети. Зазвичай дослідники можуть відстежити сейсмічну активність всього за кілька хвилин до того, як почнеться масштабний землетрус на поверхні Землі.

У гаджетах є вбудовані датчики-акселерометри. Вони визначають, під яким кутом пристрій нахилений відносно поверхні та будуть використовуватися для визначення сейсмічної активності в певних регіонах.

1.4. Формулювання завдань, що вирішуються в роботі

Дипломна робота магістра, спрямована на дослідження і вдосконалення систем вимірювання та збору метеоданих у віддаленому районі та передбачає вирішення ряду ключових завдань:

1. Проведення аналізу існуючих методів контролю довкілля.

2. Детально проаналізувати існуючих методів контролю довкілля, визначити переваги та недоліки, обрати методи вимірювання метеоданих для застосування в магістерській роботі.

3. Проектування експериментальної установки: Спроекувати експериментальну установку для вимірювання опору за обраним методом, при цьому врахувати точність та надійність вимірювань.

4. Розробка програмного забезпечення: Розробити програму мікроконтролеру для вимірювання метеоданих, обробки та аналізу отриманих вимірювальних даних.

5. Експериментальні вимірювання: Виконати декілько експериментальних вимірювань на спроектованій вимірювальній системі, зробити збір та запис вимірянних даних для подальшого аналізу.

6. Обробка та аналіз результатів: Проаналізувати отримані вимірянні дані метеоданих, визначити точність та ефективність розробленої системи вимірювань.

7. Порівняння з аналогічними вимірювальними системами: Порівняти результати дослідження з існуючими методами вимірювання метеоданих.

8. Подальші дослідження: Запропонувати шляхи вдосконалення обраних методів вимірювання та надати подальші рекомендації для досліджень.

Ці завдання є основою для дипломної роботи магістра. Також це дозволить розглянути ключові аспекти дослідження в області вимірювання метеоданих в комп'ютеризованих системах.

Висновки до 1 розділу

У першому розділі проведено загальний огляд сучасних систем контролю довкілля. Вони мають ряд переваг та недоліків. Основний недолік це обмеженість показників метеоданих та обмежена передача на відстань вимірянних даних.

Також розглянуті методи контролю довкілля. Для розробки системи контролю довкілля обрано такі показники, як температура, тиск, вологість, вміст вуглекислого газу.

Розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи контролю довкілля у віддаленому районі полягає в вимірюванні температури, вологості та тиску повітря, вібрацій землі, вміст вуглекислого газу.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1. Види датчиків для вимірювання довкілля

На сьогоднішній день випускаються такі види температурних датчиків:

1. Термістори. По суті, цей тип датчиків – це термометри опору, виготовлені на основі змішаних оксидів перехідних металів. Термістори поділяються на два основні типи – РТС (з позитивним коефіцієнтом) та NTC (з негативним коефіцієнтом температурного опору). Найбільш поширені температурні датчики NTC. Термістори РТС застосовуються виключно у вузьких діапазонах температур (всього кілька градусів), тому їх використання частіше обмежується системами контролю та сигналізації. В цілому термометри дуже чутливі до вимірюваної температури, але, на жаль, цього не можна сказати про лінійність вихідного сигналу.

2. Термопари. Дане обладнання є ідеальним рішенням для вимірювання температури у максимально широкому діапазоні (до $+2300^{\circ}\text{C}$). Воно відрізняється високою точністю та відтворюваністю. Але важливо відзначити: термопари потребують встановлення схем посилення сигналу, що необхідно для його подальшої обробки.

3. Терморезистивні датчики. Принцип роботи терморезистивних датчиків температури (RTDs - Resistance Temperature Devices) ґрунтується на пропусканні через них електричного струму.

4. Напівпровідникові датчики. Сучасні напівпровідникові датчики виконують свої функції у широкому діапазоні температур. Вони мають високу точність. Пристрої оснащені вбудованою схемою посилення сигналу, що дозволяє налаштовувати обладнання на потрібну температурну залежність.

Згідно характеристик і сфери застосування, виділяють датчики температури повітря, рідини і т.д. Крім цього, датчик температури повітря може бути зовнішнім (вуличним) або внутрішнім (кімнатним, що встановлюється у приміщеннях).

Розрізняють датчики температури та за матеріалом виконання чутливого елемента, а також типу корпусування:

- .датчики із платиновим чутливим елементом;
- .корпусовані датчики;
- .датчики із напівпровідниковим чутливим елементом.[11]

Датчики вологості мають багато різних технічних реалізацій, і, в цілому, є досить специфічними елементами. На практиці вологість досить важко виміряти з великою точністю, але найчастіше це і не потрібно. Залежно від умов використання застосовуються датчики, в основному, наступних типів:

- ємнісні;
- резистивні;
- психометричні;
- аспіраційні.

Ємнісний датчик являє собою конденсатор специфічного типу, ємність якого безпосередньо залежить від вологості повітря. Резистивні датчики вологості детектують перепади електричного опору гігроскопической середовища, тобто в них закладена залежність опору від вологості. Психометрический принцип заснований на тому факті, що вологий предмет втрачає своє тепло з йдуть пором. Чим сухіше повітря, тим швидше йде в нього тепло, тим вище різниця температур. Отже, психометрический датчик складається з двох термометрів - одного сухого і одного вологого. Аспіраційний датчик оснащується також нагнітачем повітря, і застосовується в умовах, де повітря не рухається, або рухається повільно.[12]

Барометри прийнято розподіляти на рідинні та механічні.

1. Рідинні барометри працюють за принципом, поміченим Е.Торричеллі під час проведення досвіду, що з атмосферним тиском. Зі зміною атмосферного тиску змінюється ртутний стовп у барометрі. Прикріплена до трубки з ртуттю шкала показує дані про тиск.

Механічний барометр, який ще прийнято називати анероїдом, працює наступним чином: зі зміною атмосферного тиску кришка коробочки, до якої прикріплена пружина з механізмом, що передає, деформується, через що стрілка на шкалі показує відповідні дані.

Датчик вуглекислого газу – це пристрій, який вимірює рівень вуглекислого газу (CO_2) у повітрі. Він здатний точно визначити кількість CO_2 та надати важливі дані для контролю якості повітря. Принцип роботи такого датчика полягає у визначенні кількості CO_2 шляхом реагування на його присутність і зареєстрованих змін, що становить велике значення для різних галузей.

Є декілька типів датчиків вуглекислого газу. Один з них – датчик газового дифузійного типу, який використовує принцип дифузії, щоб визначити рівень CO_2 . Цей тип датчика забезпечує достатню точність і швидкість вимірювання. Інший тип – датчик інфрачервоного поглинання, який визначає кількість CO_2 шляхом вимірювання поглинання інфрачервоного випромінювання. Цей тип датчика є особливо ефективним і точним.

Застосування датчиків вуглекислого газу є розширеним. Вони використовуються у вентиляційних системах, що контролюють рівень CO_2 у приміщеннях і підтримують оптимальний рівень для здоров'я людей. Датчики вуглекислого газу також застосовуються в промислових процесах, де вимірюється викиди CO_2 . Вони необхідні для контролю забруднення повітря та впливу промислових підприємств на довкілля.

Датчик вуглекислого газу – це пристрій, який визначає рівень вуглекислого газу у повітрі. Він дозволяє виміряти концентрацію CO_2 та інформує користувача про рівень забрудненості повітря цим газом.

Принцип роботи датчика вуглекислого газу базується на використанні хімічної реакції між CO_2 та електродами датчика. Коли вуглекислий газ потрапляє на електроди, відбувається окиснення кисню, що призводить до зміни струму, що проходить через електроди.

Вимірювання відбувається за допомогою різних методів, одним з яких є електрохімічний метод. У цьому методі катод і анод розділені мембраною, яка допомагає позбутися від інших газів та перешкоджає проникненню вологи. Коли молекули CO_2 потрапляють на електроди, змінюється напруга між ними, що можна виміряти.

Інші методи вимірювання включають інфрачервону спектроскопію, де проходження інфрачервоного променя через повітря аналізується для визначення концентрації вуглекислого газу.

Датчики вуглекислого газу широко використовуються у різних сферах, включаючи промисловість, автомобілебудування, сільське господарство та будівництво. Вони дозволяють контролювати рівень CO_2 у закритих приміщеннях, що допомагає підтримувати комфортний і безпечний рівень газу для людей та техніки.[13]

Акселерометри – це пристрої, які вимірюють прискорення, тобто швидкість зміни швидкості об'єкта. Вони вимірюють у метрах на секунду в квадраті (м/с^2) або в силі тяжіння (g). Одна сила G для нас тут, на планеті Земля, еквівалентна $9,8 \text{ м/с}^2$, але вона дещо змінюється з висотою (і буде різною на різних планетах через варіації гравітаційного притягання). Акселерометри корисні для вимірювання вібрацій у системах або для орієнтації.

2.2. Обґрунтування мікроконтролеру

Для керування комп'ютеризованою системою вимірювання обрано мікроконтролер.

Технічні характеристики обраного мікроконтролера повинні відповідати вимогам завдання на розробку. Комп'ютеризована вимірювальна система розробляється для вимірювання та збору метеоданих у віддаленому районі, тому необхідно врахувати наступні параметри:

1) Експлуатуватись вимірювальна система буде на вулиці під накриттям, тому температура роботи повинна бути від -25 до $+50$;

2) Система буде вимірювати температуру, вологість, вібрації, ідлік реального часу. Відповідно необхідна швидка реакція на покази з датчиків та обробка виміряних значень, вивід показників на дисплей, посилення показників через gsm-модуль. Для таких задач потрібен швидкісний мікроконтролер з розрядністю 16 або 32 біта;

3) Вимірювальна система повинна займати мало місця, тому краще використати невеликий мікроконтролер в компактному SMD-корпусі, що здатний працювати малих напругах та малій тактовій частоті.

Порівняльна таблиця мікроконтролерів різних виробників приведена в табл.3.1.

Популярність використання мікроконтролерів приведена на рис.3.1.

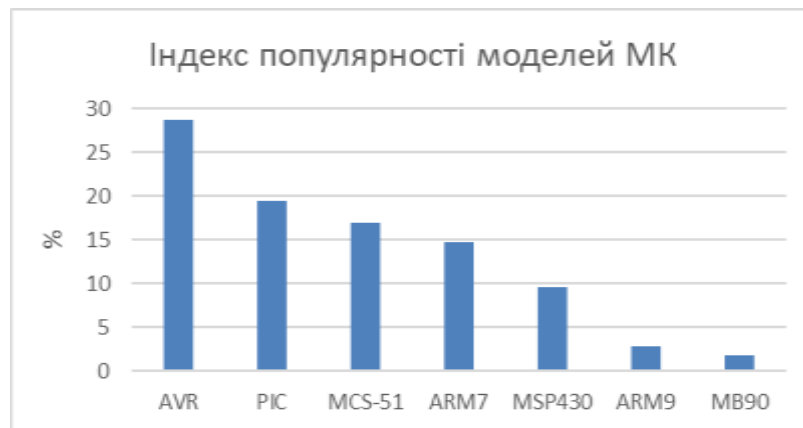


Рис. 2.1. Процент використання за популярністю мікроконтролерів

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця мікроконтррлерів

Головний параметр	Рекомендовані МК розрядністю 8/16/32 біта
Швидкодія	Atmel ARM, NXP LP210x, Microchip PIC24 / dsPIC, Ubicom SX
Перешкодозахищеність	NXP LP2xxx, Microchip PIC (моделі після 2003 г.)
Економічність	Texas Instruments MSP430, Microchip PIC12 / 16/18
Мініатюрність	Microchip PIC 10/12, Atmel ATtiny
Універсальність	Atmel ATmega, Microchip PIC 18, Silicon Laboratories C8051F
Кріпостікість	Texas Instruments TMS320F, Atmel AT91SO, Atmel ATXmega
Електромагнітна сумісність	STMicroelectronics STR71xF

Згідно табл.3.1 нам потрібно обрати мікроконтролер, який має найбільшу швидкодію для прийняття, обробки, виводу та відправки показників. Тому вибираємо мікроконтролер Atmel.

Платформ Arduino побудовані на базі мікроконтролерів Atmel. Тому в якості мк обираємо готову платформу Arduino.

Для обрання платформи Arduino розглянемо порівняльний аналіз платформ в табл.3.2. [14]

Таблиця 3.2 – Порівняння платформ Arduino

Модель	МК	Напруга живлення (В)	Flash-пам'ять (Кб)	Частота (МГц)	Габарити (мм)
Fio	Atmega328	3,3	32	8	6.6x2.8
Nano	Atmega328	5	32	16	45x18
Mini	Atmega328	5	32	16	50x18
Micro	Atmega32u4	5	32	16	48x18

Обираємо готову платформу Arduino Nano. Враховуємо при виборі такі показники: мініатюрність, тактову частоту 16МГц, флеш-пам'ять 32Кб, швидку роботу мікроконтролера Atmega328, популярність.

2.3.Обґрунтування пристроїв для відображення та передачі даних

Для виводу та пересилки по смс часу та дати, температури, вологості, тиску, вібрацій землі потрібно застосовувати пристрої для виводу інформації.

Пропонується вивід інформації на дисплей та пересилка поточних даних через певний проміжок часу користувачам через gsm-модуль по смс.

Gsm-модуль має напругу живлення вище 5В, тому потрібно буде застосувати підвищувач напруги.

В якості дисплея потрібно застосувати знакосинтезуючий дисплей, так як потрібно відображати дату та час, метео показники та показники вібрації землі.

На дисплей потрібно виводити багато показників, тому використовуємо великий дисплей: 20 символів та 4 рядки.

Підключення дисплея можливо послідовно та паралельно. Для економії виводів Arduino Nano оберемо паралельно підключення по інтерфесу I2C.[15]

Для сигналізації критичних показників та попередження стихійних лих використаємо червоний світлодіод. Пропонується використати звичайний LED світлодіод.

2.4. Обґрунтування блока живлення

Блок живлення – це вторинне джерело живлення, що призначене для забезпечення живлення приладу електричною енергією. В свою чергу воно повинно відповідати вимогам параметрів: напруги, струму, шляхом перетворення енергії від інших джерел живлення.

Блок живлення перетворює змінну напругу величиною 220 В і частотою 50 Гц в задану постійну напругу.

Так, як пристрій буде використовуватись стаціонарно, то пропонується використати живлення через мережу. Тому в якості блока живлення застосуємо спеціальний блок враховуючи напруги живлення всіх складових вимірювальної системи та сумісність з Arduino Nano.

2.5. Структурна схема

Система повинен забезпечити рішення наступних завдань:

- Платформа Arduino nano – приймає сигнали з датчиків, обраховує показники та подає повідомлення і керуючі сигнали на виконавчі механізми;
- Барометричний датчик вимірює температуру, тиск та вологість;
- Датчик вібрацій вимірює вібрації землі;

- Датчик вуглекислого газу вимірює вміст CO₂;
- Годинник реального часу веде відлік дати та часу;
- Дисплей виводить повідомлення при налаштуванні, при роботі, при критичних даних та повідомлення початку-кінця роботи;
- Gsm-модуль пересилає смс повідомлення з показниками та критичними даними на телефон користувачів;
- Підвищувач напруги для живлення Gsm-модуля;
- Сенсорна кнопка для вибору режимів роботи системи;
- Світлодіод червоний для сповіщення про критичні показники системи;
- Блок живлення для живлення системи від мережі.

Згідно обґрунтованих складових побудуємо структурну схему вимірювальної системи рис.3.2.



Рис. 2.2 .Структурна схема вимірювальної системи

Складові в схемі наступні:

- мікроконтролер;
- барометричний датчик;
- датчик CO₂;
- годинник реального часу;

- дисплей;
- датчик вібрацій;
- кнопка;
- червоний світлодіод;
- gsm-модуль;
- підвищувач напруги;
- блок живлення.

Висновки до 2 розділу

В другому розділі були розглянуті види датчиків для вимірювання довкілля. Види, фізичний принцип та основне призначення.

Були обґрунтовані складові вимірювальної системи: мікроконтролер, барометричний датчик, датчик вібрацій, датчик вуглекислого газу, годинник реального часу, кнопка, підвищувач напруги, світлодіод дисплей, gsm модуль та блок живлення.

.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Вибір мікроконтролеру

Arduino Nano – це невелика, повнофункціональна налагоджувальна плата, адаптована для роботи з макетними платами, побудована на базі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.x) або Atmega168 (Arduino Nano 2.x). Вона має ту ж функціональність, що й Arduino Duemilanove, але має менші розміри. Вона відрізняється лише відсутністю роз'єму живлення та роботою через mini-USB. Arduino Nano розроблена та виробляється компанією Gravitech(рис.3.1).

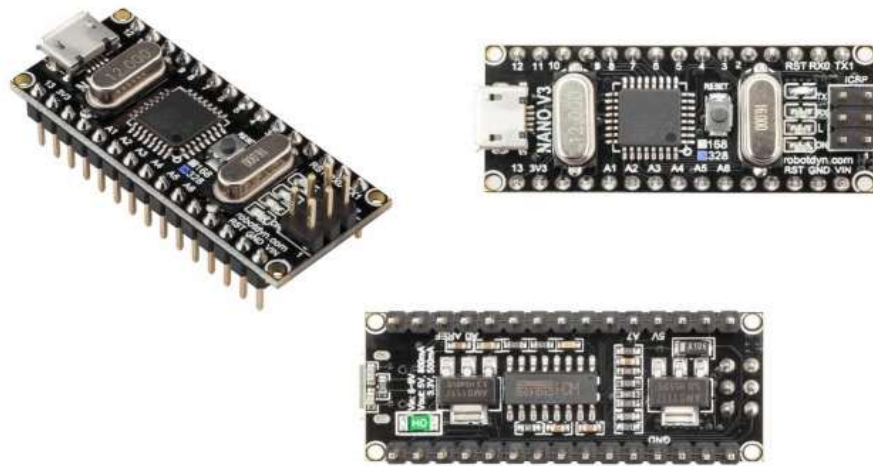


Рис. 3.1. Корпус Arduino Nano

Технічні характеристики Arduino Nano:

- Мікроконтролер: ATmega328;
- Розрядність: 8 bit;
- Напруга живлення: 5V;
- Вхідна напруга: 7-12V;
- Вхідна напруга (гранична): 6-20V;
- Цифрові виводи I/O: 14 ліній (6 їх – ШИМ);
- Аналогові входи: 8 (АЦП);
- Максимальний струм на виведенні I/O: 40 мА (для кожного виводу);
- Максимальний струм на виведенні 3,3V: 50 мА;

- Flash-пам'ять: 32 Кб (з них 2 Кб використовуються під завантажувач);
- SRAM-пам'ять: 2 Кб;
- EEPROM-пам'ять: 1 Кб;
- Тактова частота: 16 МГц;
- Довжина: 45 мм;
- Ширина: 18 мм;
- Вага: 5 г.

Для підключення до комп'ютера знадобиться кабель USB – miniUSB, який передбачений у комплекті.

Отже, виходячи з технічних характеристик оберемо Arduino Nano v.3 (мікроконтролер – ATmega328) .[16]

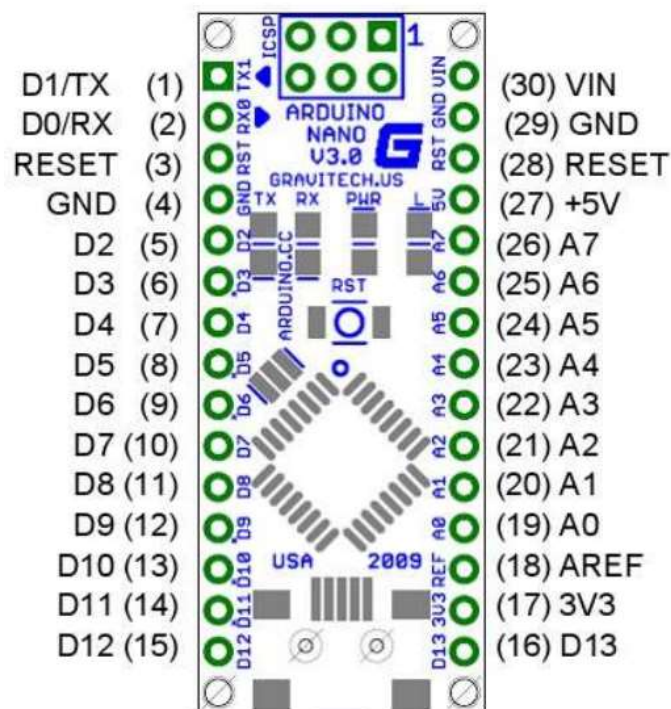


Рис. 3.2.Розпіновка виводів Arduino Nano

Arduino Nano може живитися через mini-B USB з'єднання, від зовнішнього нестабілізованого джерела живлення 6-20 (виведення 30) або від стабілізованого джерела напруги 5В (висновок 27). Джерело живлення з найбільшою напругою вибирається автоматично.

АТmega168 має 16 кілобайтів флеш-пам'яті для зберігання коду програми (з яких 2 кілобайти використовується завантажувачем); АТmega328 має 32 кілобайти (з яких 2 кілобайти також використовується завантажувачем). АТmega168 має 1 кілобайт SRAM та 512 байт EEPROM (яка може бути зчитана та записана за допомогою бібліотеки EEPROM); АТmega168 має 2 кілобайти SRAM та 1 кілобайт EEPROM.[17]

3.2.Вибір датчиків

Модуль на чіпі BME280 поєднує датчик атмосферного тиску, термометр і датчик вологості повітря. В основі плати лежить чіп Bosch BME280, який є повним аналогом BMP280, але має в корпусі ще й датчик вологості повітря.

Датчик BME280 відрізняється від попередніх поколінь цифрових датчиків тиску – BMP085 та BMP180 зменшеними габаритами та енергоспоживанням, можливістю вимірювання вологості, великою роздільною здатністю показань за тиском та температурою, а також наявністю вбудованих фільтрів, що зменшують вплив шумів на показання датчиків..

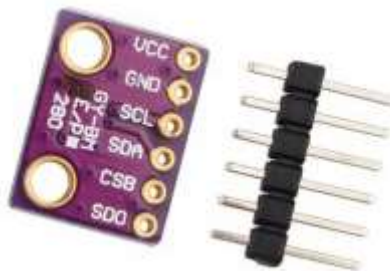


Рис. 3.3.Датчик BME280

Технічні характеристики:

- Інтерфейси: I2C (до 3,4 МГц) та SPI (3 та 4, до 10 МГц), вибирається установкою перемички
- Напруга живлення: 1,71...3,6 В
- Споживаний струм: 3,6 мкА @ 1 Гц при вимірюванні вологості, тиску та температури / 0,1 мкА в режимі очікування
- Час відгуку: 1 сек

- Робочий діапазон: температура - $-40...+85^{\circ}\text{C}$, вологість - $0...100\%$ (відносна), тиск - $300...1100$ гПа
- Датчики вологості та тиску можуть незалежно відключатися
- Сумісний з датчиком тиску Bosch Sensortec BMP280 та є оновленням датчиків BMP085/BMP180/BMP183. [19]

Датчик має підключення по інтерфейсу I2C, для цього використовується 2 виводу Arduino. Для підключення по протоколу SPI використовується 4 вивеода Arduino. Схема підключення датчика BME280 через модуль I2C до Arduino представлена на рис.3.4. [20]

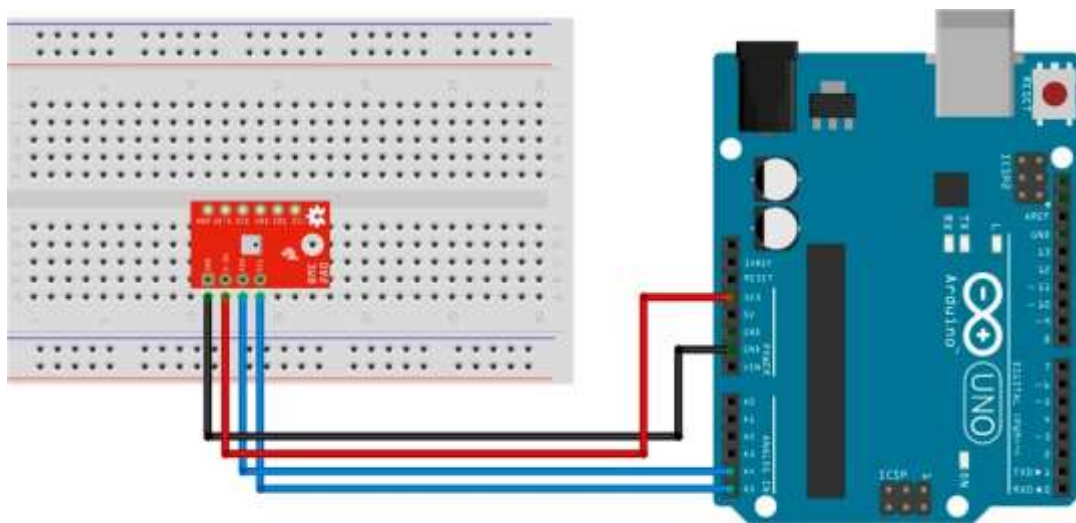


Рис. 3.4.Схема підключення датчика BME280 по I2C

В якості датчика вібрацій застосуємо акселерометр GY-521 MPU-6050 рис.3.5.



Рис.3.5. Акселерометр GY-521

Модуль акселерометр-гіроскоп GY521 це комбінація трьох осьового гіроскопа і акселерометра, що працює в трьох площинах. Побудований на архітектурі чіпа MPU6050, він спроектований дуже компактно і не займе багато місця в готовому пристрої. На платі розміщено всі необхідні елементи, у тому числі й резистори. Модуль управлятиметься з мікроконтролером за допомогою універсальної шини I2C, що значно скорочує кількість зайнятих виходів на мікроконтролері. Вбудований стабілізатор знижує вхідну напругу до 3.3 вольт, що дає можливість запитувати плату безпосередньо від мікроконтролера.

Схема підключення модуля акселерометра GY-521 до Arduino Uno представлена на рис.3.6.

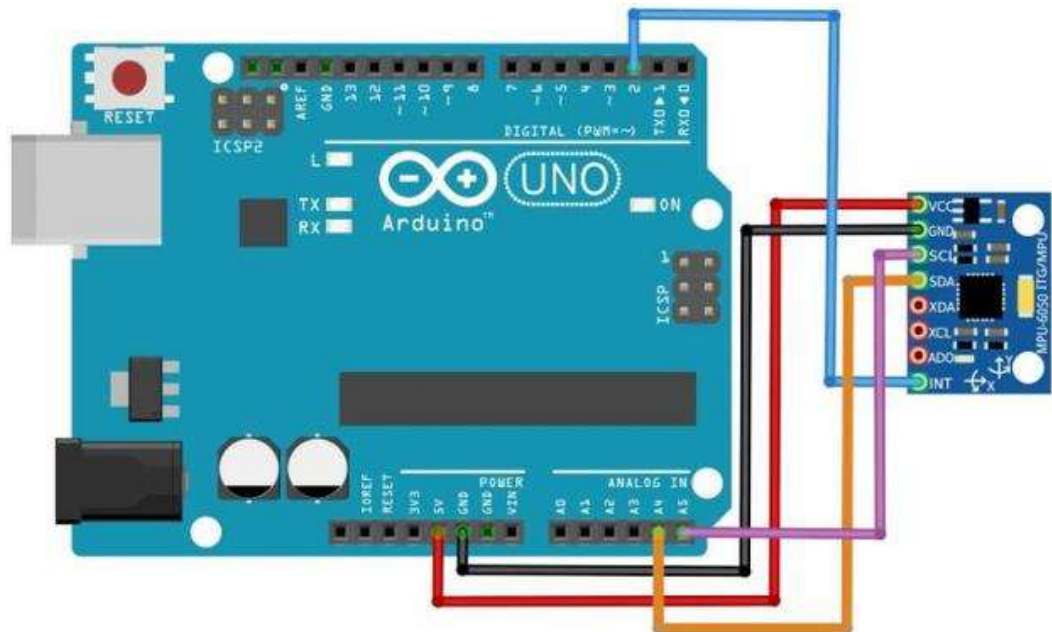


Рис.3.6.Схема підключення GY-521 до Arduino Uno

Технічні характеристики:

- MPU-6050 модуль має три осі гіроскопа та три осі прискорення.
- На базі мікросхеми: MPU-6050
- Харчування: 3-5 В
- Чіп вбудований 16-бітний АЦП, 16 біт виведення даних
- Діапазон гіроскоп: + 250 500 1000 2000 °/с
- Діапазон Прискорення: $\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16$ г

- Осі X, Y, Z
- Чутливість, LSB/g 2.048
- Чутливість, ° / сек. / LSB 0.06097
- Нелінійність, % 0.2
- Шум, ° / сік. 0.05
- Частота зрізу, Гц 1000
- Інтерфейс I2C.

Функції:

- Трьох осьовий MEMS гіроскоп із 16 бітним АЦП;
- Три осьовий MEMS акселерометр з 16 бітним АЦП;
- Digital Motion Processor (DMP);
- Slave I2C для підключення до мікроконтролера;
- Master I2C для підключення до мікросхеми додаткового датчика;
- Регістри даних датчиків;
- Переривання;
- Температурний сенсор;
- Самоперевірка гіроскопа та акселерометра;
- Реєстр ідентифікації пристрою [20]

Для виводу часу та дати використовуємо годинник реального часу, а саме мікросхему DS3231 (рис.3.7).



а)



б)

Рис. 3.7.Годинник реального часу

Модуль DS3231 є платою з точним годинником реального часу. Цей модуль є покращеною версією годинника реального часу (DS1302). Модуль можна використовувати для автоматизації освітлення вулиць, поливу рослин чи інших проектах.

Модуль DS3231 спроектований на основі мікросхеми DS3231N, мікросхеми пам'яті AT24C32N та інших допоміжних компонентів. Мікросхема DS3231N складається з: кварцового резонатора, датчика температури та схеми термокомпенсації. У даному модулі час не змінюється від температури, оскільки мікросхема має схему термокомпенсації. Мікросхема DS3231N здійснює звіт секунд, хвилин, годин, днів, тижнів, місяців і років. Також робить виправлення на високосний рік. Модуль підтримує 12 та 24 годинний формат часу. Крім цього у модулі є два будильники. Мікросхема пам'яті AT24C32N має 16 висновків та виконана у корпусі «SOIC8». При необхідності можна змінити адресу мікросхеми AT24C32N за допомогою контактів A0, A1 та A2. Зміна адреси дозволить збільшити кількість підключених мікросхем AT24C32N.

Технічні характеристики:

- Мікросхема DS3231N;
- Мікросхема пам'яті AT24C32N;
- Напруга живлення, 3 ... 5,5;
- Інтерфейс I2C;
- Робоча температура, °C -40...+85;
- Розміри модуля, мм 38 x 22 x 14;
- Вага, г 8. [21]

На платі DS3231 є місце для батареї, яка у разі відключення живлення від плати підтримуватиме модуль увімкненому стані. Як батарейку можна використовувати CR2032 або літієвий акумулятор LIR2032-3.

Схема підключення DS3231 до Arduino Uno Arduino Uno представлена на рис.3.8.

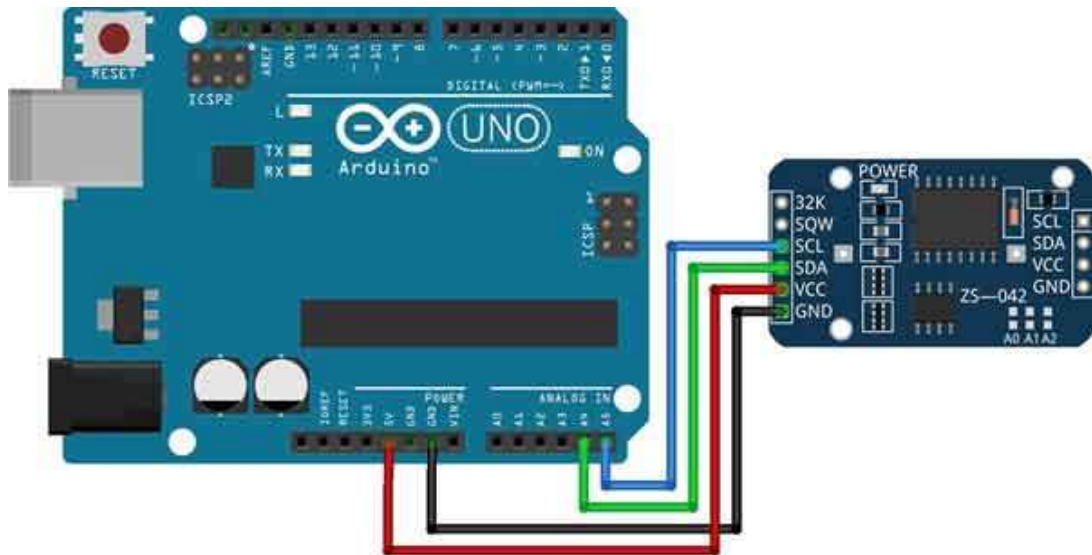


Рис.3.8 .Схема підключення DS3231до Arduino Uno

Подавати живлення модулю можна від зовнішнього джерела живлення напругою 5, платформи Arduino або іншого мікроконтролерного пристрою. Про наявність живлення сигналізує світлодіод, підключений до шин живлення.[21]

Для вимірювання вмісту вуглекислого газу використовуємо інфрачервоний датчик, а саме МН-Z19, він представлений на рис.3.9.



Рис.3.9. Датчик вмісту вуглекислого газу МН-Z19

Датчик CO2 МН-Z19 – це високоточний пристрій визначення загального рівня вуглекислого газу.

Датчик CO2 МН-Z19 має вкрай низьке споживання енергії в 18 міліампер і високу ефективність.

Датчик CO2 MH-Z19 має у себе на борту два інтерфейси: ШИМ інтерфейс і UART.

Також датчик CO2 MH-Z19 має дуже малі розміри і вага, що дозволяє встановити пристрій куди душа забажає.

Датчик CO2 MH-Z19 має діапазон вимірювання на рівні від 0.0% до 0.5%.

Розташування виводів датчика CO2 MH-Z19 представлено на рис.3.10.



Рис.3.10. Розташування виводів датчика CO2 MH-Z19

Технічні характеристики:

- Модель датчика: MH-Z19;
- Вимірюваний газ: CO₂;
- Робоча напруга: від 3.6 до 5.5 В;
- Напруга логічних рівнів: 3,3В;
- Середній споживаний струм: < 18 мА;
- Вимірюваний діапазон: від 0 до 0.5%;
- Вихідні сигнали: UART, PWM;
- Робоча температура: від 0 до 50;
- Робоча вологість: від 0 до 95% RH;
- Розміри: 33 мм × 20 мм × 9 мм;
- Вага: 21 грам.[22]

3.3. Вибір пристроїв для відображення та передачі даних

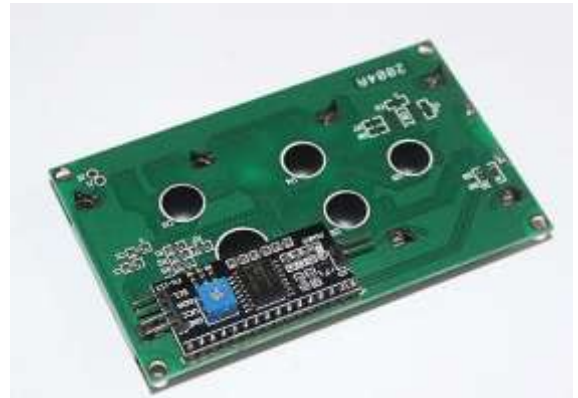
Для виводи показників по місцю викростаємо на дисплей. В якості дисплея був обрраний дисплей в 20 символів на 4 рядки. Для економії виводів для підключення до Arduino Nano викростаємо послідовне підключення через інтерфейс I2C (рис.3.11).

LCD екран 20 символів 4 рядки з управлінням по шині I2C (TWI, IIC), що дуже зручно при нестачі вільних висновків на Arduino, достатньо підключити всього два дроти і можна повністю керувати дисплеєм.

Перед початком роботи необхідно настроїти контрастність дисплея змінним резистором. В іншому випадку символи, що виводяться, не будуть видно.



а



б

Рис. 3.11. LCD дисплей 20x4 шина I2C синій:

а) зовнішні сторона, б) зворотна сторона

Технічні характеристики:

- рідкокристалічний дисплей;
- підсвічування зеленого кольору;
- 4-рядки по 20 символів;
- підтримка латиниці та кирилиці;
- інтерфейс HD44780 сумісний;
- регулятор контрастності;
- напруга живлення: 5В;

- габарити: 98 x 60 x 14 мм;
- розміри екрану: 76 x 25 мм;
- виведення інформації на екрані: 70,4 x 20,8 мм;
- вага: 73 гр.. [23]

Для сигналізування критичних метео даних по місцю використовуємо червоний світло діод рис.3.12.



Рис. 3.12. Led світлодіод

Ультраяскравий світлодіод червоного кольору світіння з прозračною лінзою. Діаметр 5мм.

Характеристики:

- колір світіння: червоний;
- діаметр: 5 мм;
- колір лінзи: прозračна;
- пряма напруга: 1.8 - 2.2 В;
- струм: 20 мА. [24]

Для оповіщення системи користувачам пропонується використати Gsm-модуль АТ-501 рис.3.13.



Рис.3.13 . Gsm-модуль AT-501

Компактна Мобільна GSM сигналізація (модуль) AT-501 – має вбудований GSM модуль, який підтримує зв'язок з потужністю 2Вт (GSM 900) та 1Вт (GSM 1800/1900). У разі якщо під час охорони об'єкта відбувається порушення охоронних зон, на запрограмовані в пам'ять приладу мобільні номери, буде здійснюватися почерговий додзвон. Перший занесений на згадку про пристрій мобільний телефон, за замовчуванням, вважається номером адміністратора, з якого можна змінювати налаштування модуля, отримувати СМС про стан системи, балансу, включати сирену сигналізації. Поставити або зняти сигналізацію з охорони можна двома способами: з мобільного телефону або за допомогою вимикача підключеного до клеми "ARM" пристрою.

Характеристики:

- Виробник: "ASTREL", Україна;
- Мобільна сигналізація GSM (модуль) від Astrel - AT-501;
- Призначення: Мобільна сигналізація GSM.;
- Форм фактор: друкована плата (без корпусу);
- Дротові зони: 4;
- Середовище монтажу: внутрішній;
- Зв'язок: GSM900 (2W) 1800/1900 (1W);
- Живлення: +10 + 14В. [25]

Як бачимо, що Gsm-модуль AT-501 має напругу живлення 10-15В, тому потрібно застосувати стабілізатор/перетворювач напруги, який буде напругу з

5В до 10-15В. В якості такого стабілізатора застосуємо стабілізатор XL6019 DC-DC 3-40В - 5-45В 5А рис.3.14.



Рис. 3.14. Стабілізатор XL6019 DC-DC

Модуль XL6019 DC-DC є підвищуючим регульованим модулем, призначеним для зміни напруги з нижчого рівня на вищий рівень. Він може використовуватись для підвищення напруги з джерела живлення, такого як батарея або акумулятор, до вищого рівня, необхідного для живлення інших електронних пристроїв.

Модуль XL6019 підтримує підвищення напруги з напруги вхідного джерела до регульованої напруги вищого рівня. Він може працювати з вхідною напругою від 3 В до 40 В і здатен виробляти вихідну напругу від 5 В до 45. Це дозволяє користувачу легко налаштовувати вихідну напругу на потрібний рівень. Крім того, модуль також має захист від короткого замикання, захист від перевантаження та захист від перегрівання, що забезпечує безпеку в роботі.

Технічні характеристики:

- Тип перетворювача: підвищуючий
- Мікросхема: XL6019
- Вхідна напруга: 3 - 40 В
- Вихідна напруга: 4 - 45 В
- Максимальний струм навантаження: 3 А (рекомендується: 0-2 А)
- Частота перетворювача: 180 кГц

- ККД: до 93% (макс.)
- Пульсації вих. напруги: менше 100 мВ (при струмі 1 А)
- Робоча температура: -30...+70°C
- Розміри: 50 x 28 x 13 мм.[26]

3.4.Вибір кнопки

Для активації вимірювальної системи застосуємо кнопку. Пропонується застосувати сенсорну кнопку сумісну з Arduino Nano (рис.3.15).

ТТР223 є простим інтерфейсом чутливого до дотику сенсорного вимикача, який може використовуватися для керування різними електронними пристроями. Цей сенсорний вимикач здатен спрацювати, коли його доторкнутися пальцем або іншими провідними матеріалами.

ТТР223 може працювати в широкому діапазоні напруг від 2,5 до 5,5 В, що дозволяє його використовувати з більшістю мікроконтролерів і одноплатних комп'ютерів. Він має вбудований таймер, який може налаштовуватися на різний час затримки (наприклад, від 0,5 с до 10 с). Крім того, він має вбудований захист від спалаху, що зменшує ймовірність ложного спрацювання.

ТТР223 використовується в різноманітних застосуваннях, включаючи електронні пристрої, домашню автоматизацію, іграшки, освітлення та багато інших проектів, де необхідно використовувати сенсорні функції.

Сенсорна кнопка ТТР223 – одна з найпопулярніших моделей у лінійці продукції цього класу, перевагами якої є простота інтеграції та доступна ціна. В основу роботи пристрою покладено принцип ємнісного реагування – при натисканні на кнопку змінюється струм витоку, який визначається мікросхемою. Увімкнення відбувається як при повному торканні рукою до металізованого майданчика на поверхні датчика, так і в тому випадку, якщо вона знаходиться на відстані не більше 5 мм. Про роботу сигналізує світлодіод, що світиться, розташований на платі датчика. На платі ТТР223 перебувають дві перемички, призначені регулювання режимів виходу Q: А – з

високим і низьким логістичним рівнем, В – з режимом роботи кнопки чи тригера.



Рис. 3.15. Сенсорна кнопка ТТР223: зовнішні сторона та зворотна сторона

Подається живлення від зовнішнього джерела живлення, плати Arduino або іншого мікроконтролерного пристрою.

Технічні характеристики:

- -Робоча напруга- 2.5 – 5.5 В
- -Робочий струм- до 10 мА
- -Час відгуку- 60 мс
- -Розміри-14.7 x 11 мм
- -Тип мікросхеми-ТТР223В
- Вага: 1 г.[27]

3.5.Вибір блока живлення

Виходячи з усіх підібраних елементів, створимо таблицю живлення:

Таблиця 3.2 – Живлення елементів схеми

Назва компоненту	Живлення
Arduino Nano	5В, 60мА
BME280	1,8-3,6 В

DS3231	2,7-5,3 В
LCD 2004	5В
Червоний світлодіода	5В
Акселерометр GY-521	3-5В
Gsm-модуль AT-501	10-14В
Датчик CO2 MH-Z19	3,6-5,5В
Стабілізатор напруги XL6019	3-40В
Кнопка TTP223	2-5В

В якості блока живлення використаємо Sunny 5В 2.4А, він зображений на рисунку 3.16.



Рис. 3.16 .Блок живлення Sunny 5В 2.4А

Блок живлення Sunny 5В 2.4А. Вхідна напруга 90 - 264В змінного струму 50/60Гц, вихідна 5В постійного струму, 2000мА. Потужність 12Вт.

Характеристики:

1. Виробництво SUNNY Comp. Tech.;
2. Вх. напруга 90 - 264 В;
3. Частота 47 – 63 Hz;
4. Вих. напруга 5 В;
5. Потужність 12 Вт;
6. Вих. сила струму 2.4 А;
7. Вихідний роз'єм 2.1 x 5.5 мм;

8. Полярність вих. роз'єму “+” у центрі;
9. Експлуатаційна температура 0 - 40 °С;
10. Захист КЗ, перевантаження, перенапруга;
11. Енергоефективність > 73.4 %;
12. Сертифікати CB, TUV/GS, CE, FCC, UL, CUL;
13. Ресурс, год 50 000 год;
14. Розміри 64 x 30 x 45.6 мм;
15. Вага, г 90 г. [19]

3.6. Принципово електрична схема

Принципова електрична схема представлено на рис.3.17.

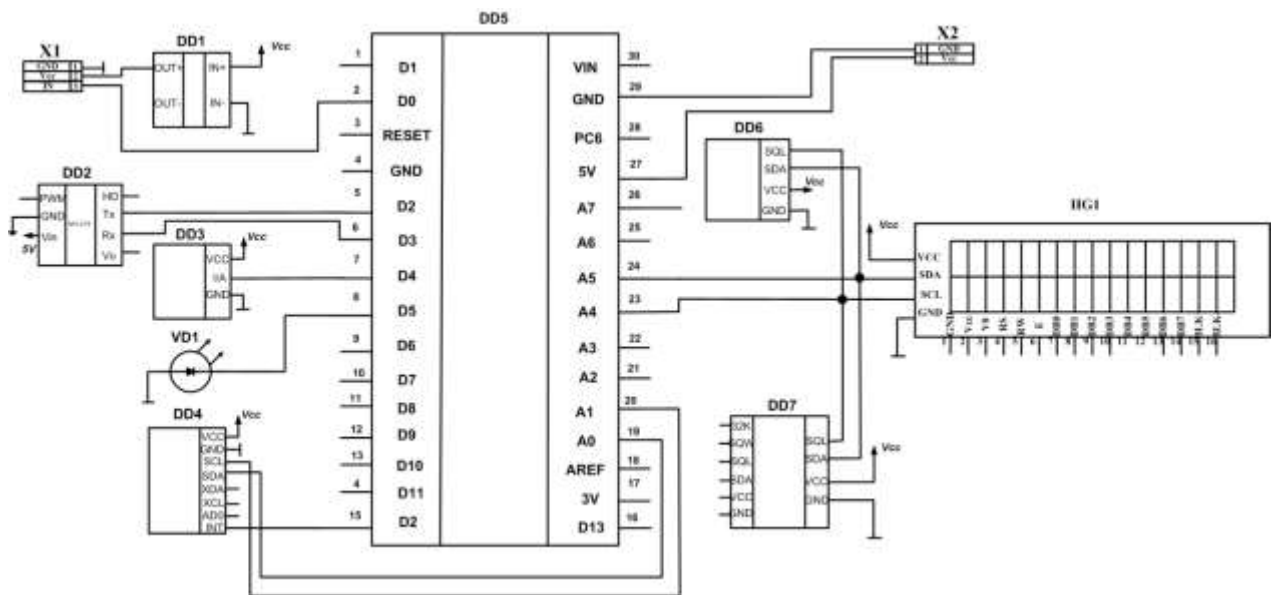


Рис. 3.17. Принципова електрична схема системи

Вона має наступні складові:

- DD1 – підвищувач напруги XL6019;
- DD2 – датчик вуглекислого газу CO2 MH-Z19;
- DD3 – сенсорна кнопка TTP223;
- DD4 – акселерометр GY-521;
- DD5 – Arduino Nano;

- DD6 – датчик вологості, тиску, температури BME280;
- DD7 – ГРЧ DS3231;
- HG1 – ЖК-дисплей LCD-2004В з I2C;
- VD – LED червоний світлодіод;
- X1 – роз’єм для підключення Gsm-модуль AT-501;
- X2 – роз’єм для блоку живлення Sunny 5В 2.4А.
- .

Висновок до 3 розділу

В третьому розділі була розроблена принципова схема. Для цього були обрані складові вимірювальної системи, приведені їх технічні характеристики та основні функції, приведений опис, зовнішній вигляд елемента та розташування пінів.

Згідно обраних складових вимірювальна система контролю довкілля складається з таких елементів: мікроконтролер Arduino Nano, ГРЧ DS3231, LED червоний світлодіод, ЖК-дисплей LCD-2004В з I2C, датчик вологості, тиску, температури BME280, акселерометр GY-521, датчик вуглекислого газу CO2 MH-Z19, підвищувач напруги XL6019, сенсорна кнопка TTP223, роз’єм для підключення Gsm-модуль AT-501, роз’єм для блоку живлення Sunny 5В 2.4А.

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

4.1.Розробка алгоритму

Блок-схема алгоритму роботи програми представлена на рис.4.1

Початок означає початок роботи системи, тобто вмикання системи.

Налаштування та підключення датчиків відповідає за ініціалізацію датчиків та інших складових системи.

Підключення бібліотек описує підключення потрібних бібліотек для роботи з дисплеєм, датчиками, кнопкою, годинником реального часу, gsm-модулем.

Даля в програмі описуються змінні, що використовуються для вимірювань значень. Потім створюється масив даних, за якими будуються графіки.Також в програмі описуються власні символи та цифри для графіків для виведення на дисплей.

Наступний крок визначення місця графіка на дисплеї, тут визначається позиція дати, часу, барометричних даних, даних вмісту вуглекислого газу, даних сейсмічних та графіків на дисплеї.

Блоки з підпрограмами «програма світлодіода», «програма визначення визначення вібрацій землі», «програма ГРЧ», «програма вимірювання температури, вологості, тиску», «програма роботи дисплею», «програма роботи кнопки», «програма визначення CO₂» визначають та оброблюють дані відповідних складових елементів вимірювальної системи.

Зчитування даних з датчиків відповідає за зчитування сигналів зі всіх датчиків та передачу для подальшої обробки даних на Arduino.

Для кроку опитування датчиків задана перевірка часу 2 рази в секунду.

Потім оновлюються та перераховуються графіки по новим значенням з датчиків. Оновленні покази датчиків виводимо їх на дисплей. Та посилаємо на телефони користувачів через gsm-модуль.

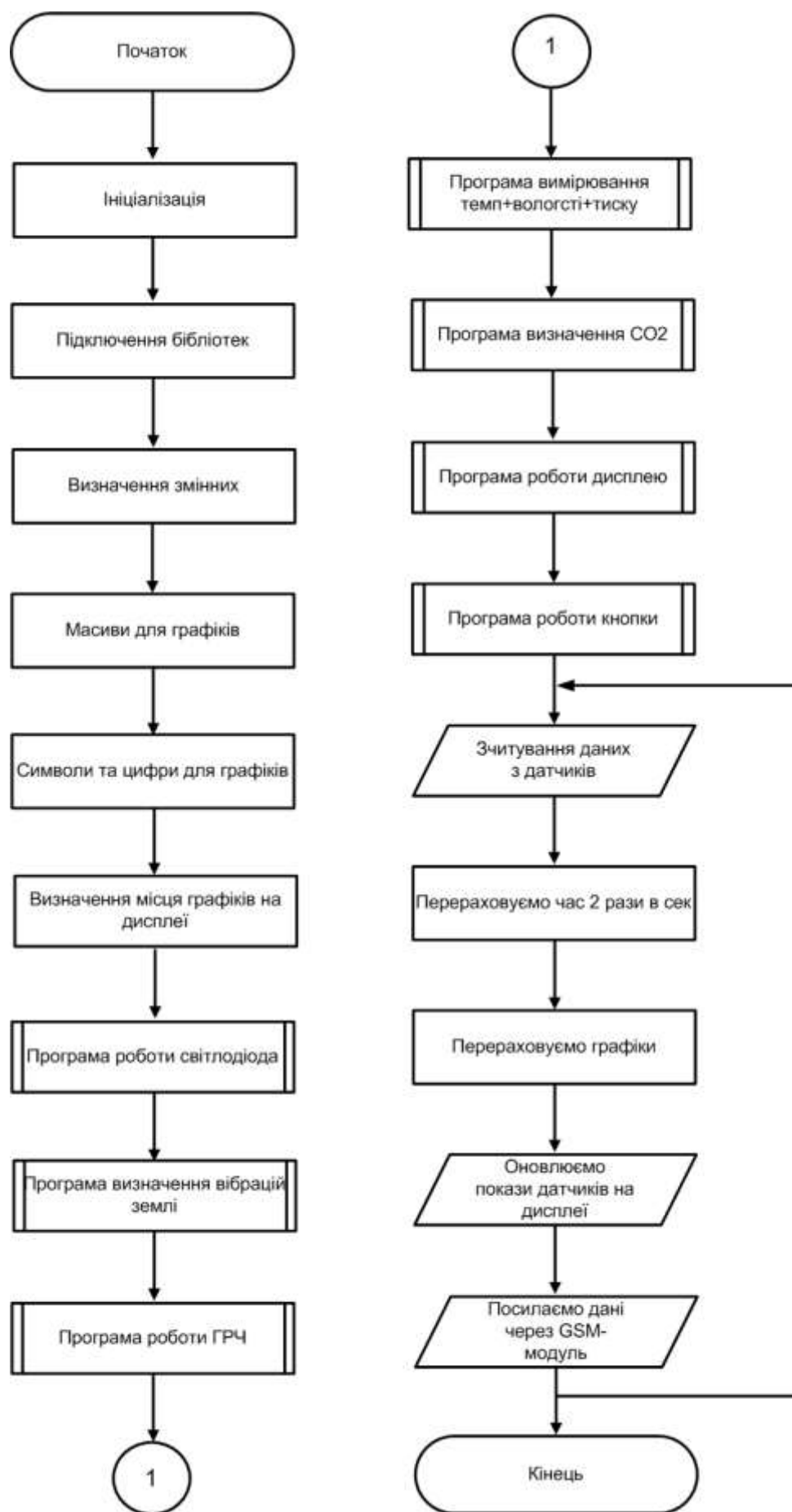


Рис. 4.1. Алгоритм програми вимірювальної системи

Потім програма зациклюється знову на опитування датчиків.

В випадку виключення системи настає кінець роботи програми та система вимикається.

Оновленні покази датчиків виводимо їх на дисплей.

Та посилаємо на телефони користувачів через gsm-модуль.

Потім програма зациклюється знову на опитування датчиків.

В випадку виключення системи настає кінець роботи програми та система вимикається.

4.2.Розробка програми

Для платформ Arduino спеціалістами компанії було створене середовище для програмування Arduino IDE. Мова програмування пристроїв Ардуїно заснована на C/C++ і скомпонована з бібліотекою AVR Libc і дозволяє використовувати будь-які її функції. Частина коду приведена нижче, а повний текст розробленої програми представлений в додатку А. Результат роботи програми представлений на рис.4.2.

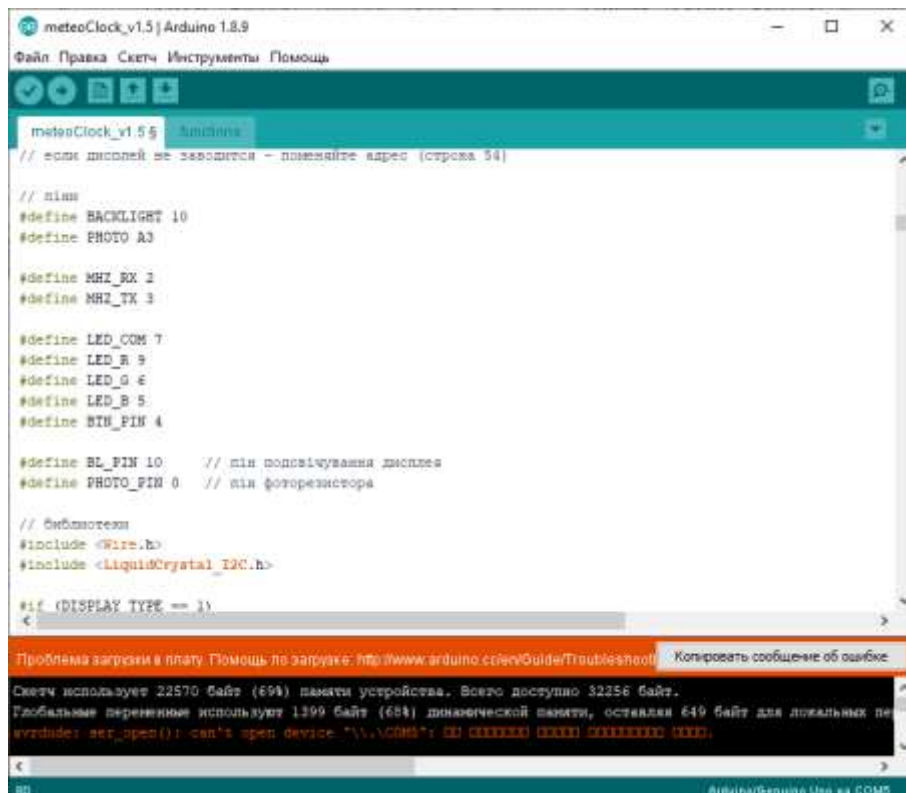


Рис. 4.2.Результат компіляції скетча в Arduino IDE

Частина коду програми

```
// ----- НАЛАШТУВАННЯ -----
#define RESET_CLOCK 0 // скидання годинника на час завантаження прошивки (для
модуля з незнімною батареєю). Не забудь поставити 0 та прошити ще раз!
#define SENS_TIME 30000 // час оновлення показань сенсорів на екрані,
мілісекунд
#define LED_MODE 0 // тип RGB світлодіода: 0 - головний катод, 1 - головний
анод
// керування яскравістю
#define BRIGHT_CONTROL 1 // 0/1 - заборонити/дозволити керування яскравістю
(при відключенні яскравість завжди буде макс.)
#define BRIGHT_THRESHOLD 150 // величина сигналу, нижче за яку яскравість
переключиться на мінімум (0-1023)
#define LED_BRIGHT_MAX 255 // макс яскравість світлодіоду CO2 (0 - 255)
#define LED_BRIGHT_MIN 10 // хв яскравість світлодіоду CO2 (0 - 255)
#define LCD_BRIGHT_MAX 255 // макс яскравість підсвічування дисплея (0 - 255)
#define LCD_BRIGHT_MIN 10 // хв яскравість підсвічування дисплея (0 - 255)
#define BLUE_YELLOW 1 // жовтий колір замість синього (1 так, 0 ні) але через
особливості підключення жовтий не такий яскравий
#define DISP_MODE 1 // у верхньому правому куті відображати: 0 - рік, 1 - день
тижня, 2 - секунди
#define WEEK_LANG 1 // мова дня тижня: 0 - англійська, 1 - російська
(трансліт)
#define DEBUG 0 // виведення на дисплей лог ініціалізації датчиків під час
запуску. Для дисплея 1602 не працює! Але ж дублюється через порт!
#define PRESSURE 1 // 0 - графік тиску, 1 - графік прогнозу дощу (замість
тиску). Не забудь поправити межі графіка
#define CO2_SENSOR 1 // увімкнути або вимкнути підтримку/виведення з датчика
CO2 (1 вкл, 0 вимк)
#define DISPLAY_TYPE 1 // тип дисплея: 1 - 2004 (великий), 0 - 1602
(маленький)
#define DISPLAY_ADDR 0x27 // адреса плати дисплея: 0x27 або 0x3f. Якщо дисплей
не працює - зміни адресу! На самому дисплеї адреса не вказана

// межі відображення графіків
#define TEMP_MIN 15
#define TEMP_MAX 35
#define HUM_MIN 0
#define HUM_MAX 100
#define PRESS_MIN -100
#define PRESS_MAX 100
#define CO2_MIN 300
#define CO2_MAX 2000

// адреса BME280 жорстко задана у файлі бібліотеки Adafruit_BME280.h
// Світова адреса була 0x77, у китайського модуля адреса 0x76.
// Так що якщо юзаєте не бібліотеку з архіву - не забудьте поміняти

// Якщо дисплей не заводиться - поміняйте адресу (рядок 54)
// пін
#define BACKLIGHT 10
#define PHOTO A3

#define MHZ_RX 2
#define MHZ_TX 3

#define LED_COM 7
#define LED_R 9
#define LED_G 6
#define LED_B 5
#define BTN_PIN 4

#define BL_PIN 10 // пін підсвічування дисплея
#define PHOTO_PIN 0 // пін фоторезистора
```

4.3. Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації

Потрібно зробити обробку результатів вимірювання. Вимірювання можуть бути з помилками та грубими відхиленнями. Для автоматизації обрахунку потрібно написати програму для методів програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації.

Для виключення грубих похибок застосовують апарат перевірки статистичних гіпотез. У метрології використовуються статистичні гіпотези, під якими розуміють гіпотези про вид невідомого розподілу, або про параметри відомих розподілів.

Областю прийняття гіпотези (областю допустимих значень) називають сукупність значення критерію, при яких гіпотезу приймають. Критичною називають сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу відкидають. Область прийняття гіпотези і критична область розділені критичними точками, що дорівнюють табличним значенням критеріїв.

Нульова статистична гіпотеза підтверджує належність "підозрілого" результату вимірювання (спостереження) даній групі вимірювань, що перевіряється. Формальним критерієм аномальності результату спостережень (підставою для ухвалення конкуруючої гіпотези: "підозрілий" результат не належить даній групі вимірювань) при цьому служить межа, що відстоїть від центру розподілу на величину tS .

Таким чином, межі похибок залежать від виду розподілу, об'єму вибірки і вибраної довірчої ймовірності. При обробці вже наявних результатів спостережень довільно відкидати окремі результати не слід, оскільки це може привести до фіктивного підвищення точності результату вимірювань. Група вимірювань (вибірка) може містити декілька грубих похибок і їх виключення проводять послідовно, тобто поодинці.

Всі методи виключення грубих похибок (промахів) можуть бути розділені на два основні типи:

- а) методи виключення при відомому генеральному СКВ;

б) методи виключення при невідомому генеральному СКВ.

Оскільки на практиці частіше зустрічаються вимірювання при невідомому СКВ (обмежене число спостережень), далі розглянуті такі критерії перевірки підозрілих (з точки зору похибок) результатів спостережень:

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

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

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

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

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

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

3)Критерій Діксону - заснований на припущенні, що похибки вимірювань мають нормальний закон розподілу (заздалегідь необхідна побудова гістограми результатів спостережень і перевірка гіпотези про приналежність нормальному закону розподілу). При використанні критерію

обчислюють коефіцієнт Діксону (спостережуване значення критерію) для перевірки найбільшого або найменшого екстремального значення залежно від числа вимірювань.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Для обрахунку виміряних значень була створена програма Додаток В.

Візьмемо експериментальні дані в 20 значень та обрахуємо метрологічні характеристики.

Набір виміряних значень температури Т:

T = [27.6 20.6 21.0 29.6 21.8 20.2 28.5 24.5 26.6 20.0 23.3 28.9 21.5 21.3 22.3 25.7 23.6 21.3 24.5 22.5];

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки Т:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 23.765.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки Т:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 23.583.$$

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

$$M = \frac{x_{(n \setminus 2)} + x_{(n \setminus 2) + 1}}{2} = 22.900.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 3.079.

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 0.688.

Висновок: значення не перевищують допустимий діапазон.

Визначаємо закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки Т рис.4.2.

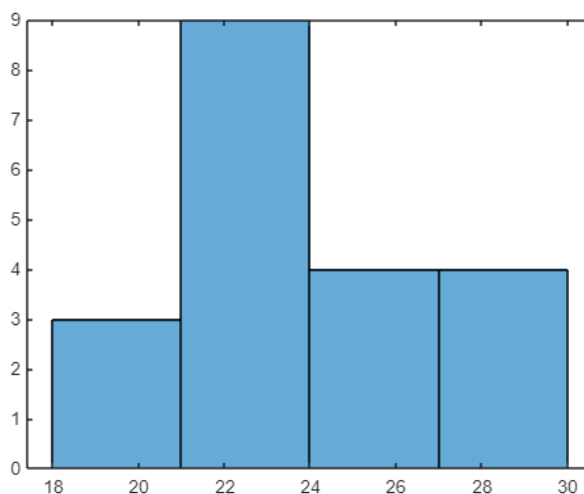


Рис.4.2. Закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки Т

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

Таблиця 4.1. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

<i>N</i>	<i>T</i>	Похибка
1	27,6	Відсутня
2	20,6	Присутня
3	21,0	Відсутня
4	29,6	Присутня
5	21,8	Присутня
6	20,2	Відсутня
7	28,5	Присутня
8	24,5	Відсутня
9	26,6	Відсутня
10	20,0	Присутня
11	23,3	Відсутня
12	28,9	Присутня
13	21,5	Присутня
14	21,3	Відсутня
15	22,3	Відсутня
16	25,7	Відсутня

17	103,6	Відсутня
18	21.3	Відсутня
19	24.5	Відсутня
20	22.5	Відсутня

Як бачимо з результатів обчислення, декілько результатів вимірювання вважається помилковим, тому їх потрібно виключити при подальшій обробці результатів спостережень.

За критерієм Романовського обрахуємо помилки табл.4.2.

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Романовського

<i>N</i>	<i>T</i>	Похибка
1	27,6	Відсутня
2	20.6	Відсутня
3	21,0	Відсутня
4	29,6	Відсутня
5	21,8	Відсутня
6	20,2	Відсутня
7	28,5	Відсутня
8	24,5	Відсутня
9	26,6	Відсутня
10	20,0	Відсутня
11	23,3	Відсутня
12	28,9	Відсутня
13	21,5	Відсутня
14	21,3	Відсутня
15	22,3	Відсутня
16	25.7	Відсутня
17	103,6	Відсутня
18	21.3	Відсутня
19	24.5	Відсутня
20	22.5	Відсутня

За обрахунками значення з грубою помилок не виявилось.

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 23,765.

Допустимий діапазон: 23,765 +/- 1,198.

Висновки до 4 розділу

В четвертому розділі була розроблена блок-схема алгоритму системи вимірювання довкілля. На базі блок-схема алгоритму була розроблена програма.

Також для обрахунку метрологічних даних була створена програма.

На базі цієї програми була опрацьована вибірка виміряних температур повітря з вибіркою в двадцять значень. На базі програми були проаналізовані метрологічні характеристики: середнє значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Вибірка виміряних даних з температур повітря була оцінена за критеріями Ірвіна, Романовського та Діксона. За критерієм Ірвіна були знайдені не припустимі значення, а за критерієм Діксоном всі значення припустимі.

ВИСНОВКИ

У першому розділі проведено загальний огляд сучасних систем контролю довкілля. Вони мають ряд переваг та недоліків. Основний недолік це обмеженість показників метеоданих та обмежена передача на відстань вимірюваних даних.

Також розглянуті методи контролю довкілля. Для розробки системи контролю довкілля обрано такі показники, як температура, тиск, вологість, вміст вуглекислого газу.

Розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи контролю довкілля у віддаленому районі полягає в вимірюванні температури, вологості та тиску повітря, вібрацій землі, вміст вуглекислого газу.

В другому розділі були розглянуті види датчиків для вимірювання довкілля. Види, фізичний принцип та основне призначення.

Були обґрунтовані складові вимірювальної системи: мікроконтролер, барометричний датчик, датчик вібрацій, датчик вуглекислого газу, годинник реального часу, кнопка, підвищувач напруги, світлодіод дисплей, gsm модуль та блок живлення.

В третьому розділі була розроблена принципова схема. Для цього були обрані складові вимірювальної системи, приведені їх технічні характеристики та основні функції, приведений опис, зовнішній вигляд елемента та розташування пінів.

Згідно обраних складових вимірювальна система контролю довкілля складається з таких елементів: мікроконтролер Arduino Nano, ГРЧ DS3231, LED червоний світлодіод, ЖК-дисплей LCD-2004B з I2C, датчик вологості, тиску, температури BME280, акселерометр GY-521, датчик вуглекислого газу CO2 MH-Z19, підвищувач напруги XL6019, сенсорна кнопка TTP223, роз'єм для підключення Gsm-модуль AT-501, роз'єм для блоку живлення Sunny 5V 2.4A.

В четвертому розділі була розроблена блок-схема алгоритму системи вимірювання довкілля. На базі блок-схема алгоритму була розроблена програма.

Також для обрахунку метрологічних даних була створена програма.

На базі цієї програми була опрацьована вибірка виміряних температур повітря з вибіркою в двадцять значень. На базі програми були проаналізовані метрологічні характеристики: середнє значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Вибірка виміряних даних з температур повітря була оцінена за критеріями Ірвіна, Романовського та Діксона. За критерієм Ірвіна були знайдені не припустимі значення, а за критерієм Діксоном всі значення припустимі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Метеостанція MISOL WH1080 [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://simvolt.ua/meteostantsiya-misol-wh1080>.
2. Метеостанція Bresser Weather Center [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://clever-market.com.ua/ua/p1782625651-meteostantsiya-bresser-weather.html>.
3. Метеометр МЭС-200А [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://veld.market/meteorometry/3330-meteorometr-mes-200a.html>.
4. Weather Forecasting Models. [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://www.ijert.org/research/weather-forecasting-modelsmethods-and-applications-IJERTV2IS120198.pdf>
5. Forecasting the Weather. [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://study.com/learn/lesson/weatherforecasting-types-tools.html>.
6. Температурна шкала [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://meteo.ua/ua/vocabulary/temperaturnaya-shkala>.
7. Тиск [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://meteo.ua/ua/vocabulary/atmosfernoe-davlenie-198>.
8. Барометр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://epicentrk.ua/shop/meteostantsii-i-termometry-bytovye/fs/tip-ustroystva-barometr>.
9. . Humidity by Michael E. Ritter is licensed CC BY-SA 4.0. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.thephysicalenvironment.com>.
10. Вуглекислий газ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ventbazar.ua/uk/blog/chto-takoye-co2>.
11. Види датчиків температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://smarthof.ru/info/datchiki-temperature>.
12. Види датчиків вологості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jak.koshachek.com/articles/datchiki-vologosti-vse-shho-neobhidno-znati-pro.html>.

13. Датчики вуглекислого газу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dzerglibrary.pp.ua/datchik-vuglekislogo-gazu-princip-roboti-tipi-zastosuvannya>.
14. Какой выбрать микроконтролер? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiostorage.net/1023-kakoj-vybrat-mikrokontroller.html>.
15. Дисплей. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://leksika.com.ua/16970402/ure/displey>.
16. Що таке Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radioprogram.ru/shop/merch/10>.
17. Arduino Nano характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://raspberrypi.in.ua/product/arduino-nano-v-3-0-ch340g>.
18. Модуль BME280 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ardu.net/ru/datchiki-i-sensory/197-modul-bme280-datchik-davleniya-vlazhnosti-i-temperature-i2c-bosch.html>.
19. Підключення Датчику BME280 по I2C [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/barometr-termometr-gigrometr-bme280>.
20. Акселерометр GY-521 MPU-6050 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduinomania.in.ua/arduino-akselerometr-mpu-6050-ua/>
21. Годинник реального часу модуль DS3231 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://3v3.com.ua/product_7518.html.
22. Датчик CO2 MH-Z19 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aliexpress.ru/item/1005005274523064.html>.
23. Дисплей 2004 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://freedelivery.com.ua/arduino-100/displei-133/lcd-2004-modul-dlya-arduino-zhk-displej-20h4-1271.html>.
24. Gsm-модуль AT-501 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ohrana.ua/gsm-signalizatsiya/gsm-modul-at-501.html>.
25. Стабілізатор напруги XL6019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/xl6019-dc-dc-pidvyshch.-modul-4-45v>.
26. ТТР223 сенсорная кнопка [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://myproject.com.ua/ttp223-sensornij-vimikach-ua.html>.

27. Блок живлення Sunny 5В 2.4А [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod769-blok-pitaniya-sunny-5v-2-4a-2-1h5-5mm>.

28. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник для вузів в двох томах / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик. – За ред. д-ра техн. наук Б. Стадника. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2004. – Т. 1. Основи метрології. – 524 с.

29. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.

30. Методичні вказівки “Опрацювання результатів вимірювань” до виконання курсової роботи з дисципліни „Основи метрології та вимірювальної техніки” для студентів напряму підготовки 0913 - "Метрологія та вимірювальна техніка". / Уклад. В.О. Поджаренко, О.М. Васілевський, О.П. Войтович. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 38 с.

Додатки

ДОДАТОК А

```
// ----- НАЛАШТУВАННЯ -----
#define RESET_CLOCK 0 // скидання годинника на час завантаження прошивки (для
модуля з незнімною батареєю). Не забудь поставити 0 та прошити ще раз!
#define SENS_TIME 30000 // час оновлення показань сенсорів на екрані,
мілісекунд
#define LED_MODE 0 // тип RGB світлодіода: 0 - головний катод, 1 - головний
анод
// керування яскравістю
#define BRIGHT_CONTROL 1 // 0/1 - заборонити/дозволити керування яскравістю
(при відключенні яскравість завжди буде макс.)
#define BRIGHT_THRESHOLD 150 // величина сигналу, нижче за яку яскравість
переключиться на мінімум (0-1023)
#define LED_BRIGHT_MAX 255 // макс яскравість світлодіоду CO2 (0 - 255)
#define LED_BRIGHT_MIN 10 // хв яскравість світлодіоду CO2 (0 - 255)
#define LCD_BRIGHT_MAX 255 // макс яскравість підсвічування дисплея (0 - 255)
#define LCD_BRIGHT_MIN 10 // хв яскравість підсвічування дисплея (0 - 255)
#define BLUE_YELLOW 1 // жовтий колір замість синього (1 так, 0 ні) але через
особливості підключення жовтий не такий яскравий
#define DISP_MODE 1 // у верхньому правому куті відображати: 0 - рік, 1 - день
тижня, 2 - секунди
#define WEEK_LANG 1 // мова дня тижня: 0 - англійська, 1 - російська
(трансліт)
#define DEBUG 0 // виведення на дисплей лог ініціалізації датчиків під час
запуску. Для дисплея 1602 не працює! Але ж дублюється через порт!
#define PRESSURE 1 // 0 - графік тиску, 1 - графік прогнозу дощу (замість
тиску). Не забудь поправити межі графіка
#define CO2_SENSOR 1 // увімкнути або вимкнути підтримку/виведення з датчика
CO2 (1 вкл, 0 вимк)
#define DISPLAY_TYPE 1 // тип дисплея: 1 - 2004 (великий), 0 - 1602
(маленький)
#define DISPLAY_ADDR 0x27 // адреса плати дисплея: 0x27 або 0x3f. Якщо дисплей
не працює - зміни адресу! На самому дисплеї адреса не вказана

// межі відображення графіків
#define TEMP_MIN 15
#define TEMP_MAX 35
#define HUM_MIN 0
#define HUM_MAX 100
#define PRESS_MIN -100
#define PRESS_MAX 100
#define CO2_MIN 300
#define CO2_MAX 2000

// адреса BME280 жорстко задана у файлі бібліотеки Adafruit_BME280.h
// Світова адреса була 0x77, у китайського модуля адреса 0x76.
// Так що якщо юзаєте не бібліотеку з архіву - не забудьте поміняти

// Якщо дисплей не заводиться - поміняйте адресу (рядок 54)
// піни
#define BACKLIGHT 10
#define PHOTO A3

#define MHZ_RX 2
#define MHZ_TX 3

#define LED_COM 7
#define LED_R 9
#define LED_G 6
#define LED_B 5
#define BTN_PIN 4

#define BL_PIN 10 // пін підсвічування дисплея
```

```

#define PHOTO_PIN 0    // пін фоторезистора

// бібліотеки
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#if (DISPLAY_TYPE == 1)
LiquidCrystal_I2C lcd(DISPLAY_ADDR, 20, 4);
#else
LiquidCrystal_I2C lcd(DISPLAY_ADDR, 16, 2);
#endif

#include "RTClib.h"
RTC_DS3231 rtc;
DateTime now;

#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
Adafruit_BME280 bme;

#if (CO2_SENSOR == 1)
#include <MHZ19_uart.h>
MHZ19_uart mhz19;
#endif

#include <GyverTimer.h>
GTimer_ms sensorsTimer(SENS_TIME);
GTimer_ms drawSensorsTimer(SENS_TIME);
GTimer_ms clockTimer(500);
GTimer_ms hourPlotTimer((long)4 * 60 * 1000);           // 4 мінути
GTimer_ms dayPlotTimer((long)1.6 * 60 * 60 * 1000);     // 1.6 години
GTimer_ms plotTimer(240000);
GTimer_ms predictTimer((long)10 * 60 * 1000);           // 10 мінут
GTimer_ms brightTimer(2000);

#include "GyverButton.h"
GButton button(BTN_PIN, LOW_PULL, NORM_OPEN);

int8_t hrs, mins, secs;
byte mode = 0;
/*
0 години та дані
1 графік температури за годину
2 графік температури за добу
3 графік вологості за годину
4 графік вологості за добу
5 графік тиску за годину
6 графік тиску за добу
7 графік вуглекислого за годину
8 графік вуглекислого за добу*/

// змінні для виведення
float dispTemp;
byte dispHum;
int dispPres;
int dispCO2;
int dispRain;

// масиви графіків
int tempHour[15], tempDay[15];
int humHour[15], humDay[15];
int pressHour[15], pressDay[15];
int co2Hour[15], co2Day[15];
int delta;

```

```

uint32_t pressure_array[6];
uint32_t sumX, sumY, sumX2, sumXY;
float a, b;
byte time_array[6];

// СИМВОЛИ
// график
byte row8[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
byte row7[8] = {0b00000, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
byte row6[8] = {0b00000, 0b00000, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
byte row5[8] = {0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
byte row4[8] = {0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
byte row3[8] = {0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
byte row2[8] = {0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000,
0b11111, 0b11111};
byte row1[8] = {0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000,
0b00000, 0b11111};

// цифри
uint8_t LT[8] = {0b00111, 0b01111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
uint8_t UB[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b00000, 0b00000, 0b00000,
0b00000, 0b00000};
uint8_t RT[8] = {0b11100, 0b11110, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
uint8_t LL[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b01111, 0b00111};
uint8_t LB[8] = {0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
uint8_t LR[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11110, 0b11100};
uint8_t UMB[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b00000, 0b00000, 0b00000,
0b11111, 0b11111};
uint8_t LMB[8] = {0b11111, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b11111,
0b11111, 0b11111};

void drawDig(byte dig, byte x, byte y) {
    switch (dig) {
        case 0:
            lcd.setCursor(x, y); // set cursor to column 0, line 0 (first row)
            lcd.write(0); // call each segment to create
            lcd.write(1); // top half of the number
            lcd.write(2);
            lcd.setCursor(x, y + 1); // set cursor to colum 0, line 1 (second row)
            lcd.write(3); // call each segment to create
            lcd.write(4); // bottom half of the number
            lcd.write(5);
            break;
        case 1:
            lcd.setCursor(x + 1, y);
            lcd.write(1);
            lcd.write(2);
            lcd.setCursor(x + 2, y + 1);
            lcd.write(5);
            break;
        case 2:
            lcd.setCursor(x, y);
            lcd.write(6);
            lcd.write(6);
    }
}

```

```

    lcd.write(2);
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.write(3);
    lcd.write(7);
    lcd.write(7);
    break;
case 3:
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(6);
    lcd.write(6);
    lcd.write(2);
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.write(7);
    lcd.write(7);
    lcd.write(5);
    break;
case 4:
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(3);
    lcd.write(4);
    lcd.write(2);
    lcd.setCursor(x + 2, y + 1);
    lcd.write(5);
    break;
case 5:
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(0);
    lcd.write(6);
    lcd.write(6);
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.write(7);
    lcd.write(7);
    lcd.write(5);
    break;
case 6:
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(0);
    lcd.write(6);
    lcd.write(6);
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.write(3);
    lcd.write(7);
    lcd.write(5);
    break;
case 7:
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(1);
    lcd.write(1);
    lcd.write(2);
    lcd.setCursor(x + 1, y + 1);
    lcd.write(0);
    break;
case 8:
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(0);
    lcd.write(6);
    lcd.write(2);
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.write(3);
    lcd.write(7);
    lcd.write(5);
    break;
case 9:
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(0);

```

```

        lcd.write(6);
        lcd.write(2);
        lcd.setCursor(x + 1, y + 1);
        lcd.write(4);
        lcd.write(5);
        break;
    case 10:
        lcd.setCursor(x, y);
        lcd.write(32);
        lcd.write(32);
        lcd.write(32);
        lcd.setCursor(x, y + 1);
        lcd.write(32);
        lcd.write(32);
        lcd.write(32);
        break;
    }
}

void drawdots(byte x, byte y, boolean state) {
    byte code;
    if (state) code = 165;
    else code = 32;
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(code);
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.write(code);
}

void drawClock(byte hours, byte minutes, byte x, byte y, boolean dotState) {
    // чистити чистити!
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.print("          ");
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.print("          ");

    //if (hours > 23 || minutes > 59) return;
    if (hours / 10 == 0) drawDig(10, x, y);
    else drawDig(hours / 10, x, y);
    drawDig(hours % 10, x + 4, y);
    // Тут мають бути точки. Окремою функцією
    drawDig(minutes / 10, x + 8, y);
    drawDig(minutes % 10, x + 12, y);
}

#if (WEEK_LANG == 0)
static const char *dayNames[] = {
    "Sund",
    "Mond",
    "Tues",
    "Wedn",
    "Thur",
    "Frid",
    "Satu",
};
#else
static const char *dayNames[] = {
    "BOCK",
    "POND",
    "BTOP",
    "CPED",
    "4ETB",
    "5YAT",
    "CYBB",
};

```

```

#endif

void drawData() {
    lcd.setCursor(15, 0);
    if (now.day() < 10) lcd.print(0);
    lcd.print(now.day());
    lcd.print(".");
    if (now.month() < 10) lcd.print(0);
    lcd.print(now.month());

void loadClock() {
    lcd.createChar(0, LT);
    lcd.createChar(1, UB);
    lcd.createChar(2, RT);
    lcd.createChar(3, LL);
    lcd.createChar(4, LB);
    lcd.createChar(5, LR);
    lcd.createChar(6, UMB);
    lcd.createChar(7, LMB);
}

void loadPlot() {
    lcd.createChar(0, row8);
    lcd.createChar(1, row1);
    lcd.createChar(2, row2);
    lcd.createChar(3, row3);
    lcd.createChar(4, row4);
    lcd.createChar(5, row5);
    lcd.createChar(6, row6);
    lcd.createChar(7, row7);
}

#if (LED_MODE == 0)
byte LED_ON = (LED_BRIGHT_MAX);
byte LED_OFF = (LED_BRIGHT_MIN);
#else
byte LED_ON = (255 - LED_BRIGHT_MAX);
byte LED_OFF = (255 - LED_BRIGHT_MIN);
#endif

void setLED(byte color) {
    // сначала всё выключаем
    if (!LED_MODE) {
        analogWrite(LED_R, 0);
        analogWrite(LED_G, 0);
        analogWrite(LED_B, 0);
    } else {
        analogWrite(LED_R, 255);
        analogWrite(LED_G, 255);
        analogWrite(LED_B, 255);
    }
}

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

    pinMode(BACKLIGHT, OUTPUT);
    pinMode(LED_COM, OUTPUT);
    pinMode(LED_R, OUTPUT);
    pinMode(LED_G, OUTPUT);
    pinMode(LED_B, OUTPUT);
    setLED(0);

```

```

digitalWrite(LED_COM, LED_MODE);
analogWrite(BACKLIGHT, LCD_BRIGHT_MAX);

lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();

#if (DEBUG == 1 && DISPLAY_TYPE == 1)
    boolean status = true;

    setLED(1);

    #if (CO2_SENSOR == 1)
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print(F("MHZ-19... "));
        Serial.print(F("MHZ-19... "));
        mhz19.begin(MHZ_TX, MHZ_RX);
        mhz19.setAutoCalibration(false);
        mhz19.getStatus(); // первый запрос, в любом случае возвращает -1
        delay(500);
        if (mhz19.getStatus() == 0) {
            lcd.print(F("OK"));
            Serial.println(F("OK"));
        } else {
            lcd.print(F("ERROR"));
            Serial.println(F("ERROR"));
            status = false;
        }
    }
#endif

    setLED(2);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("RTC... "));
    Serial.print(F("RTC... "));
    delay(50);
    if (rtc.begin()) {
        lcd.print(F("OK"));
        Serial.println(F("OK"));
    } else {
        lcd.print(F("ERROR"));
        Serial.println(F("ERROR"));
        status = false;
    }

    setLED(3);
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("BME280... "));
    Serial.print(F("BME280... "));
    delay(50);
    if (bme.begin(&Wire)) {
        lcd.print(F("OK"));
        Serial.println(F("OK"));
    } else {
        lcd.print(F("ERROR"));
        Serial.println(F("ERROR"));
        status = false;
    }

    setLED(0);
    lcd.setCursor(0, 3);
    if (status) {
        lcd.print(F("All good"));
        Serial.println(F("All good"));
    } else {
        lcd.print(F("Check wires!"));
    }

```

```

    Serial.println(F("Check wires!"));
}
while (1) {
    lcd.setCursor(14, 1);
    lcd.print("P:   ");
    lcd.setCursor(16, 1);
    lcd.print(analogRead(PHOTO), 1);
    Serial.println(analogRead(PHOTO));
    delay(300);
}
#else
#if (CO2_SENSOR == 1)
    mhz19.begin(MHZ_TX, MHZ_RX);
    mhz19.setAutoCalibration(false);
#endif
    rtc.begin();
    bme.begin(&Wire);
#endif
    bme.setSampling(Adafruit_BME280::MODE_FORCED,
                    Adafruit_BME280::SAMPLING_X1, // temperature
                    Adafruit_BME280::SAMPLING_X1, // pressure
                    Adafruit_BME280::SAMPLING_X1, // humidity
                    Adafruit_BME280::FILTER_OFF   );
    if (RESET_CLOCK || rtc.lostPower())
        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    now = rtc.now();
    secs = now.second();
    mins = now.minute();
    hrs = now.hour();
    bme.takeForcedMeasurement();
    uint32_t Pressure = bme.readPressure();
    for (byte i = 0; i < 6; i++) { // лічильник від 0 до 5
        pressure_array[i] = Pressure; // забити весь масив поточним тиском
        time_array[i] = i; // забити масив часу числами 0 - 5 }
    if (DISPLAY_TYPE == 1) {
        loadClock();
        drawClock(hrs, mins, 0, 0, 1);
        drawData();
    }
    readSensors();
    drawSensors();
}

void loop() {
    if (brightTimer.isReady()) checkBrightness(); // Яскравість
    if (sensorsTimer.isReady()) readSensors(); // Читаємо показання датчиків з
    періодом SENS_TIME

    #if (DISPLAY_TYPE == 1)
        if (clockTimer.isReady()) clockTick(); // двічі на секунду перераховуємо час
        і б'лимаємо крапками
        plotSensorsTick(); // Тут усередині кілька таймерів для перерахунку графіків
        (за годину, за день та прогноз)
        modesTick(); // Тут ловимо натискання на кнопку і перемикаємо режими
        if (mode == 0) { // режимі " головного екрана "
            if (drawSensorsTimer.isReady()) drawSensors(); // оновлюємо показання
            датчиків на дисплеї з періодом SENS_TIME
        } else { // у будь-якому з графіків
            if (plotTimer.isReady()) redrawPlot(); // Перемальовуємо графік
        }
    }
    #else
        if (drawSensorsTimer.isReady()) drawSensors();
    #endif
}

```

ДОДАТОК Б

Таблиця 1. Коефіцієнти при відповідному рівні значущості

Число вимірювань. n	Рівень значущості	
	q=0,05	q=0,01
1	2	3
2	2,8	3,7
3	2,2	2,9
10	1,5	2,0
20	1,3	1,8

Таблиця 2. Квантилі розподілу Ст'юдента

k	P		
	0,95	0,99	0,999
1	6,31	31,82	318,3
2	2,92	6,97	22,3
3	2,35	4,54	10,21
10	1,83	2,82	4,14
20	1,74	2,52	3,56

Таблиця 3. Коефіцієнти Діксону

Статистика	Число вимірювань	r_q			
		0,1	0,05	0,02	0,01
r01	3	0,886	0,94	0,976	0,988
r11	8	0,479	0,554	0,631	0,683
r21	12	0,49	0,556	0,605	0,642
r22	20	0,401	0,450	0,502	0,535

ДОДАТОК В

```

% Initialization of the input data array and its length
X = [503.6 495.6 503.0 498.6 491.8 51.2 498.5 504.5 496.6 500.0 493.3 498.9 493.5 491.3 504.3 504.7 503.6 493.3
494.5 502.5];
X_len = length(X);

% Estimates of the actual value of a physical quantity
X_avg = mean(X);
X_geo = geomean(X);
X_M = median(X);

disp('1. Estimates of the actual value. ');
disp(sprintf('Mean value: %.3f', X_avg));
disp(sprintf('Geomean value: %.3f', X_geo));
disp(sprintf('Median: %.3f', X_M));

% Estimates of the random value of the measurements
deltaX = [];
deltaX_sqr = [];

% Calculation of sampling values
for i = 1:X_len
    deltaX(i) = X(i) - X_avg;
    deltaX_sqr(i) = deltaX(i)^2;
end

disp('2. Estimates of the random value');
S = sqrt(sum(deltaX_sqr)/(X_len-1));
disp(sprintf('Estimation of variance: %.3f', S));

Sx = S / sqrt(X_len);
disp(sprintf('Estimation of RMS: %.3f', Sx));

% Analysis of valid values
u = 2.56;
u1 = (X_avg - min(X))/S;
u2 = (max(X) - X_avg)/S;

if(u1 > u || u2 > u)
    % Construction of the histogram
    histogram(X)
else
    disp('Conclusion: values dont exceed the allowable range. ');
end

% Evaluation and elimination of gross errors.
disp('3.1. Irwins criterion. ');
lambda = [];
irwin_false = [];
for irw = 1:X_len - 1
    lambda(irw) = abs((X(irw + 1) - X(irw)) / S);

    if(lambda(irw) > 1.3)
        irwin_false(length(irwin_false)+1) = X(irw + 1);
        disp(sprintf('False value: %.3f', X(irw + 1)));
    end
end

disp('3.2. Romanovsky criterion. ');
romanovsky(X, irwin_false);

disp('3.3. Dixon criterion. ');
X_e = dixon(X);

```

```

estimates(X_e);

histogram(X);
di = 1.74 * Sx;
disp(sprintf('Allowable range: %.3f +/- %.3f', X_avg, di));

function romanovsky(X, irwin_false)
    % Using the Irwin method, we exclude suspicious values
    Xr = X;
    X_len = length(X);
    rpz = 1; % Initialize the loop index
    Xr_new = Xr; % Create a new array to store valid values
    while rpz <= length(Xr)
        if ismember(Xr(rpz), irwin_false)
            irwin_false(irwin_false == Xr(rpz)) = [];
            Xr_new(rpz) = [];
        else
            rpz = rpz + 1; % Increment the loop index only if the value is not removed
        end
    end
    % Variance of Romanovsky array
    Xr_len = length(Xr_new);
    Xr_avg = mean(Xr_new);
    deltaXr = [];
    deltaXr_sqr = [];
    for rmn = 1:1:Xr_len
        deltaXr(rmn) = Xr_new(rmn) - Xr_avg;
        deltaXr_sqr(rmn) = deltaXr(rmn)^2;
    end
    Sr = sqrt(sum(deltaXr_sqr)/(Xr_len - 1));
    % Search for gross errors
    for r = 1:1:X_len
        if abs(X(r) - Xr_avg) >= 2.09 * Sr
            disp(sprintf('False value: %.3f', X(r)));
        end
    end
end

function e = dixon(X)
    X = sort(X);

    r22min = (X(3) - X(1)) / (X(length(X)) - X(1));
    r22max = (X(length(X)) - X(length(X) - 2)) / (X(length(X)) - X(3));

    if (r22min > 0.462)
        if (r22max > 0.462)
            disp(sprintf('False value: %.3f', X(length(X))));
            X(length(X)) = [];
        end
        disp(sprintf('False value: %.3f', X(1)));
        X(1) = [];

        e = dixon(X);
    else
        e = X;
    end
end

function estimates(X)
    X_avg = mean(X);
    disp('Estimates of the eliminated array. ');
    disp(sprintf('Mean value: %.3f', X_avg));
end

```