

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ З ОБРОБКОЮ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЄЮ ДАНИХ

(тема)

Виконав:
студент IV курсу, групи ІТІР-20-1
Єфіменко І. Я.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 126 Інформаційні системи
та технології
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Інформаційні технології
інтернету речей
(повна назва освітньої програми)

Керівник Доцент Бітченко О. М.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

В.о.зав. кафедри РТІКС

_____ (підпис)

Зарудний О.А.

(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

(код і повна назва)

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Інформаційні технології інтернету речей

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові ЄФІМЕНКУ ІГОРЮ ЯРОСЛАВОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ
З ОБРОБКОЮ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЄЮ ДАНИХ

затверджена наказом по університету від 27 травня 2024 р. № 500 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 10 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1 Провести огляд аналогічних систем та сформулювати постановку задачі
для подальшої розробки

3.2 Обрати та обґрунтувати необхідні датчики

3.3 Розробити макет системи

3.4 Розробити необхідне програмне забезпечення

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Вступ. 1. Аналіз предметної області. 2. Вибір та встановлення обладнання.

3. Програмно-апаратна розробки пристрою. Висновки. Перелік джерел
посилання. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) _____

Комп'ютерна презентація

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	08.05-09.05.2024	Виконано
2	Аналіз предметної області	10.05-20.05.2024	Виконано
3	Вибір та встановлення обладнання	21.05-30.05.2024	Виконано
4	Програмно-апаратна розробки пристрою	31.05-03.05.2024	Виконано
5	Висновки.	04.06.2024	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	05.06-07.06.2024	Виконано
7	Оформлення ілюстрацій	7.06- 09.06.2024	Виконано
8	Представлення роботи на кафедрі	10.06.2024	Виконано

Дата видачі завдання **6 травня 2024 р.**

Студент _____
(підпис)

Єфіменко І.Я.

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Бітченко О.М.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра містить 75 сторінок тексту, 22 рисунків, 5 таблиць, 27 джерел посилання та 3 додатки.

КЛІМАТ. КОНТРОЛЬ. ДАТЧИК. МІКРОКОНТРОЛЕР. ВОЛОГІСТЬ. ТЕМПЕРАТУРА. КОНЦЕНТРАЦІЯ.

Об'єктом розробки є система клімат-контролю.

Метод дослідження - описово-аналітичний.

Предметом дослідження є пристрій клімат-контролю в приміщенні.

Метою даної роботи є розробка бюджетної індивідуальної системи клімат-контролю для приватного будинку.

В роботі проведено огляд типів систем клімат-контролю, обґрунтовано вибір індивідуальної системи клімат-контролю, обрати необхідні датчики для вимірювання температури та вологості повітря і концентрації вуглекислого газу. Розроблені схеми підключення обраних датчиків до мікроконтролера та відповідне програмне забезпечення.

ABSTRACT

Explanatory note of the master's thesis contains 75 pages of text, 22 figures, 5 tables, 27 reference sources and 3 appendices.

CLIMATE. CONTROL. SENSOR. MICROCONTROLLER.
VOLOGIST. TEMPERATURE. CONCENTRATION.

The subject of development is the climate control system.

The research method is descriptive-analytical.

The subject of investigation is the climate control device in the room.

The purpose of this work is to develop a budget-friendly individual climate control system for a private buildings.

The paper reviews the types of climate control systems, substantiates the choice of an individual climate control system, selects the necessary sensors for measuring temperature and air humidity, and the concentration of carbon dioxide. The schemes for connecting the selected sensors to the microcontroller and the corresponding software have been developed.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

CO₂ – вуглекислий газ,

I2C (Inter-Integrated Circuit) – послідовна асиметрична шина для зв'язку між інтегральними схемами,

NDIR (Nondispersive Infrared *Sensor*) – недиспергуючий інфрачервоний аналізатор,

PWM (*Pulse-Width Modulation*) – широтно-імпульсна модуляція,

QR (Quick Response code) – код швидкого відгуку,

VOC (Volatile Organic Compounds) – леткі органічні речовини,

UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) – послідовний інтерфейс,

USB (Universal Serial Bus) – універсальна послідовна шина,

ЕОМ – електронна обчислювальна машина,

TTL – транзисторно-транзисторна логіка.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначок, символів, одиниць і скорочень	6
Вступ.....	7
1 Аналіз предметної області.....	9
1.1 Поняття клімат-контролю та системи клімат-контролю.....	9
1.2 Особливості клімат-контролю в житлових будинках, квартирах	13
1.3 Переваги та недоліки різних типів систем клімат-контролю.....	17
1.4 Вибір оптимальних параметрів клімат-контролю.....	21
2 Вибір та встановлення обладнання.....	25
2.1 Вибір обладнання.....	25
2.2 Вибір датчика CO ₂	26
2.3 Вибір датчика вологості та температури.....	33
2.4 Вибір системи вентиляції.....	41
2.5 Вибір системи контролю.....	43
3 Програмно-апаратна розробка пристрою.....	46
3.1 Вибір мікроконтролера.....	46
3.2 Підключення датчиків температури та вологості.....	47
3.3 Підключення датчиків CO ₂	48
3.4 Візуалізація роботи пристрою.....	51
Висновки.....	54
Перелік джерел посилання.....	55
Додаток А – Програмні коди.....	59
Додаток Б – Слайди презентації.....	65
Додаток В – Відомість кваліфікаційної роботи.....	74

ВСТУП

Забезпечення оптимальних умов мікроклімату в приміщенні має значний вплив на життя та здоров'я людини, а також може значно вплинути на енергоспоживання та витрати на опалення та кондиціювання повітря.

Сучасні технології дозволяють розробляти інтелектуальні системи, які автоматично регулюють температуру, вологість, тиск та інші параметри в приміщенні для забезпечення оптимальних умов. Застосування методів обробки даних та їх візуалізація дозволяють не лише збирати і аналізувати інформацію про стан мікроклімату, а й реагувати на нього в реальному часі для забезпечення максимального комфорту та ефективності.

Ця велика робота має на меті розробити комплексну систему, яка забезпечує стабільний мікроклімат в приміщенні, використовуючи сучасні датчики та пристрої зв'язку, що забезпечать збір та передачу даних про параметри клімату в реальному часі.

Одним із ключових аспектів цієї роботи буде розробка інтерфейсу користувача, який дозволить візуалізувати дані про стан клімату в приміщенні та контролювати параметри системи. Це може бути мобільний додаток або веб-інтерфейс, що надасть користувачеві можливість зручного керування системою з будь-якої точки зв'язку.

У багатьох країнах, включаючи Україну, і по всьому світу, велика увага приділяється розвитку систем клімат-контролю для житлових приміщень. Незалежно від того, чи це новобудова, чи реконструкція існуючого будинку, впровадження сучасних технологій для забезпечення комфортного мікроклімату та енергоефективності є пріоритетом.

Україна також відзначається активними зусиллями у цьому напрямку. Наприклад, національні програми, такі як "Енергоефективність 2020" та "Енергоефективність 2030", спрямовані на підтримку та стимулювання використання енергоефективних технологій в житловому секторі. Ці ініціативи включають в себе заходи з модернізації існуючих житлових приміщень, з метою

підвищення енергоефективності та зменшення викидів [1,2] .

У світі також спостерігається активне зацікавлення в розвитку енергоефективних рішень для житлових будинків. Країни Європейського Союзу роблять значні зусилля для зменшення впливу будівництва на довкілля, сприяючи впровадженню технологій, які забезпечують ефективне використання енергії та збільшення комфорту у житлових приміщеннях [3] .

Отже, впровадження систем клімат-контролю для житлових будинків відіграє важливу роль у забезпеченні комфортного життя та зниженні впливу будівництва на довкілля, і це є актуальною та важливою тенденцією як на рівні окремих країн, так і на міжнародній арені.

Метою даної роботи є розробка бюджетної індивідуальної системи клімат-контролю для приватного будинку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розглянути типи систем клімат-контролю;
- обґрунтувати вибір індивідуальної системи;
- обрати необхідні датчики;
- розробити відповідне програмне забезпечення.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Поняття клімат-контролю та системи клімат-контролю

Поняття клімат-контролю та системи клімат-контролю на сьогоднішній день стали не тільки важливими, але й необхідними для забезпечення комфортних умов проживання та роботи в будь-яких приміщеннях. Від будинків і офісів до магазинів та промислових комплексів, системи клімат-контролю відіграють ключову роль у регулюванні температури, вологості, чистоти повітря та інших параметрів, що впливають на комфорт та здоров'я людей, а також на ефективність виробництва та збереження продуктів. У даній роботі розглянемо зміст поняття клімат-контролю, основні принципи його роботи, типи систем клімат-контролю та їх використання у різних сферах життя та діяльності.

Клімат-контроль, як поняття, відноситься до системи технічних заходів, спрямованих на підтримання оптимальних умов у приміщенні. Це охоплює регулювання температури, вологості, обміну повітрям, фільтрацію повітря від забруднень, а також інші фактори, які впливають на здоров'я, комфорт та безпеку приміщення [4] .

Основні принципи роботи системи клімат-контролю:

- 1) Сенсори та зчитувачі даних: Система використовує датчики для вимірювання температури, вологості, якості повітря та інших параметрів.
- 2) Аналіз даних: Отримані дані аналізуються для визначення потреби у регулюванні параметрів клімату.
- 3) Регулювання: На основі аналізу система видає команди для регулювання роботи кондиціонерів, вентиляційних систем, обігрівачів тощо.
- 4) Моніторинг: Процес регулювання постійно моніториться для забезпечення сталого та оптимального клімату.

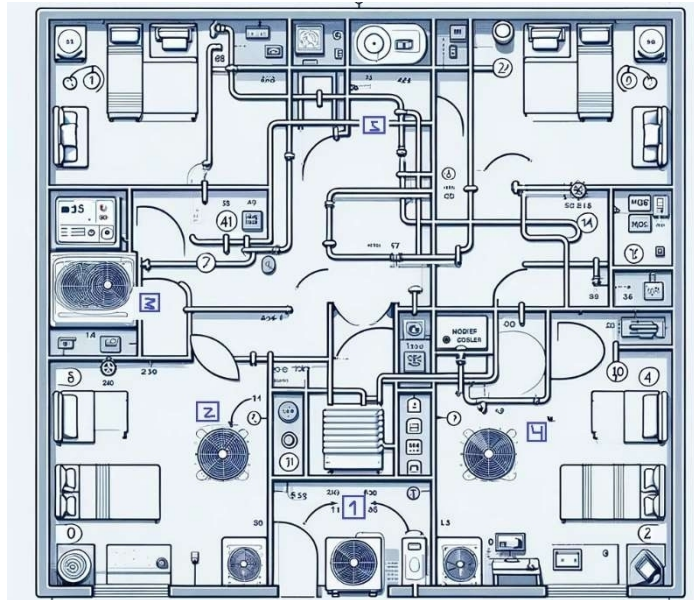
Типи систем клімат-контролю:

- 1) Централізовані системи: Одна система керує кліматом всієї будівлі чи

комплексу (рисунок 1.1).

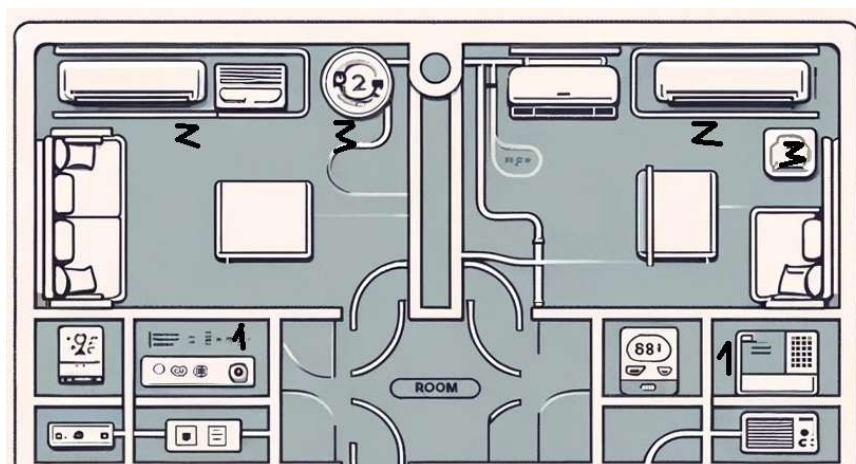
2) Індивідуальні системи: Окремі системи для кожного приміщення чи зони (рисунок 1.2).

3) Розумні системи: Використовують штучний інтелект для автоматичного регулювання та оптимізації параметрів клімату (рисунок 1.3).



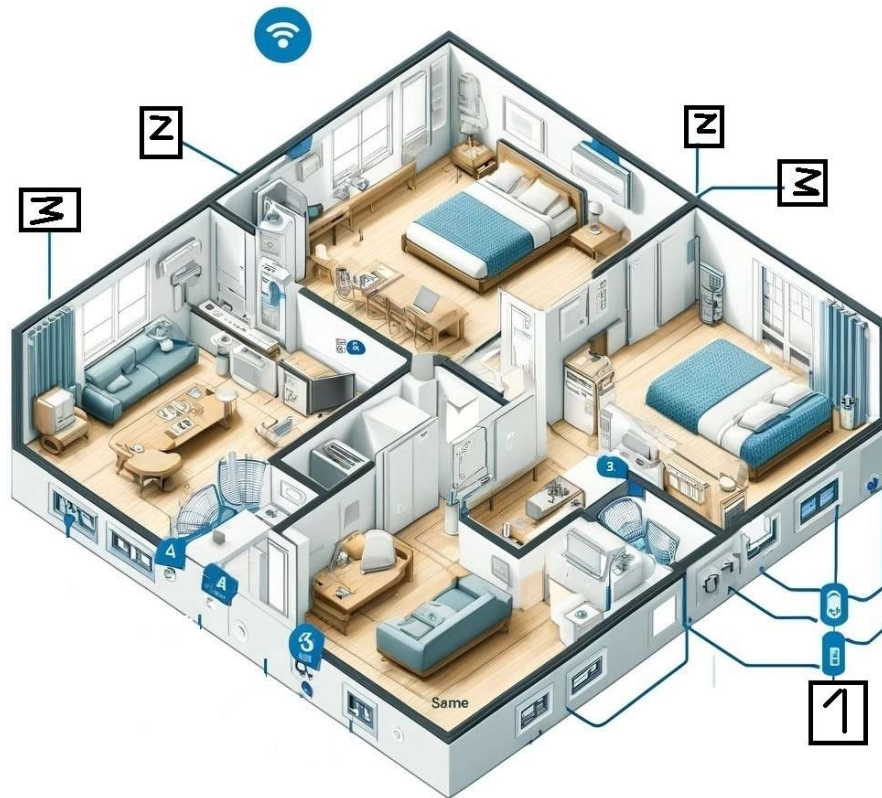
1-центральний керуючий блок; 2,3,4- кондиціонери у кімнатах, 5- повітряводи

Рисунок 1.1 – Центральна система клімат-контролю



1-керуючий блок; 2-кондіціонер; 3-термостат

Рисунок 1.2 – Індивідуальна система клімат-контролю



1-розумний контролер; 2-розумний кондиціонер; 3-розумний термостат

Рисунок 1.3 – Розумна система клімат-контролю

Застосування систем клімат-контролю:

1) Житлові будинки: Забезпечення комфортного клімату в оселях для забезпечення здоров'я та комфорту мешканців. Наприклад, розумна система клімат-контролю може автоматично регулювати температуру та вологість повітря, щоб забезпечити оптимальні умови для сну та відпочинку вночі, а також забезпечити комфортне середовище під час бодрощів денного часу.

2) Офісні приміщення: Створення оптимального середовища для підвищення продуктивності та зручності працівників. Наприклад, система клімат-контролю може регулювати температуру та освітлення у приміщенні залежно від активності працівників та зовнішніх умов, щоб забезпечити оптимальні умови для концентрації та ефективної роботи.

3) Магазини та ресторани: Підтримання комфортних умов для клієнтів та збереження товарів. Наприклад, система клімат-контролю може контролювати температуру та вологість у магазинах, щоб забезпечити зручність для

покупців і зберегти товари, які чутливі до змін клімату, наприклад, продукти харчування або косметика.

4) Промислові об'єкти: Регулювання клімату для оптимальних умов виробництва та зберігання. Наприклад, виробничі приміщення можуть вимагати певного рівня температури та вологості для забезпечення якості виробництва або зберігання сировини та готової продукції. Система клімат-контролю може автоматично підтримувати ці умови, щоб забезпечити ефективну роботу підприємства.

Системи клімат-контролю стали не тільки важливими, але й невід'ємною частиною нашого повсякденного життя та діяльності. Вони дозволяють забезпечити комфорт та безпеку у будь-яких умовах та сприяють ефективному використанню енергії. Розуміння принципів їх роботи та вибір оптимального типу системи для конкретних потреб є важливими аспектами будівництва та управління будівлями у сучасному світі [5] .

Систему клімат-контролю будемо розроблювати під житлове приміщення, а саме у будинку.

Будинок складається з семи кімнат і передпокою, які розташовані в певному порядку одна від одної. Після входу у будинок через передпокій (5 м²), з нього можна потрапити у ванну (10 м²) та столову (10 м²). Зі столової є доступ до кухні (10 м²), першої спальні (20 м²) та гостьової (25 м²). З гостьової є вихід до першої спальні (20 м²) та другої спальні. У кухні розташовано дров'яний котел, газова духовка шафа та газова плита. Між першою та другою спальнею є піч, яка опалюється дровами. Така організація простору забезпечує зручний рух між кімнатами та обслуговування житлового приміщення.

План будинку наведено на рисунку 1.4.

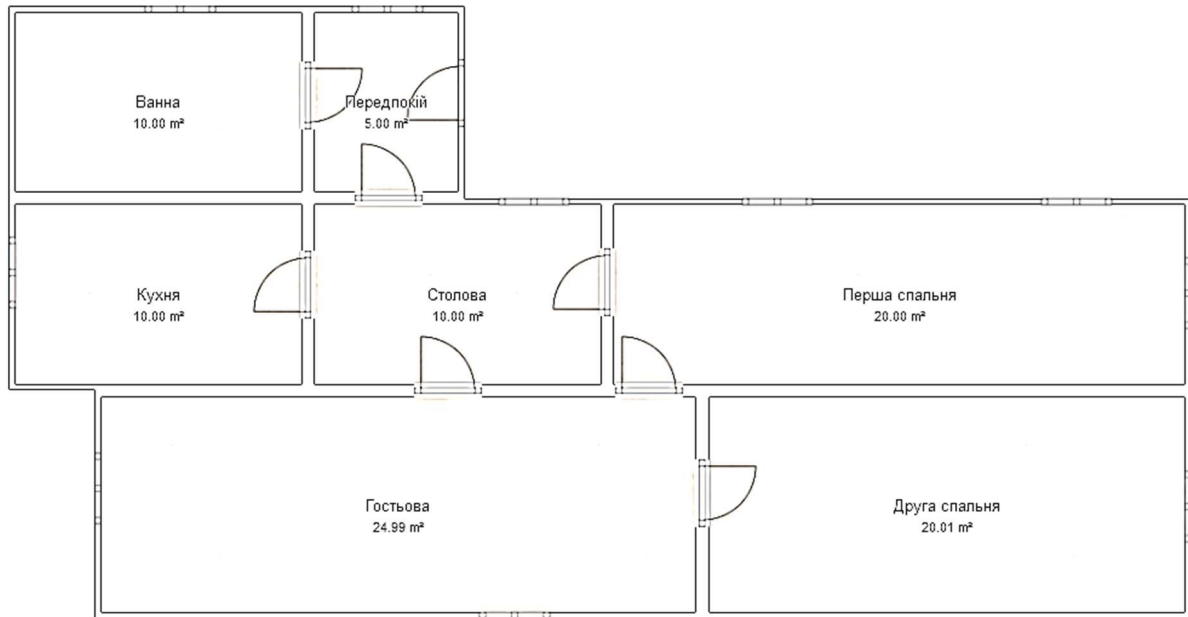


Рисунок 1.4 – План будинку

1.2 Особливості клімат-контролю в житлових будинках, квартирах

Клімат-контроль в житлових приміщеннях, таких як будинки та квартири, є важливим аспектом забезпечення комфортного та здорового життя для мешканців. Відповідно до особливостей будівельних конструкцій, розмірів та функціонального призначення приміщень, системи клімат-контролю можуть варіюватися за своїм характером та функціональними можливостями. У даній роботі ми розглянемо основні аспекти клімат-контролю в житлових будинках, квартирах та будинках, включаючи типи систем, їхні переваги та недоліки, а також сучасні тенденції в цій області.

Перш за все, важливо розглянути різні типи систем клімат-контролю, що застосовуються в житлових приміщеннях. Одним з найпоширеніших типів є системи кондиціонування повітря, які регулюють температуру та вологість усередині приміщення.

Ці системи можуть бути централізованими або індивідуальними, залежно від конкретних потреб та умов будинку чи квартири. Крім того, важливим елементом клімат-контролю є системи опалення, які забезпечують тепло в холодну пору року. Інші компоненти системи включають вентиляційні системи

для забезпечення свіжого повітря та системи очищення повітря для забезпечення здорового середовища [6] .

Однією з основних переваг клімат-контролю в житлових будинках є здатність створювати комфортні умови для мешканців у будь-який час року. Наприклад, система кондиціонування повітря дозволяє забезпечити приємне охолодження влітку та ефективне обігрівання взимку. Це сприяє збереженню комфортного середовища навіть при екстремальних погодних умовах. Крім того, системи клімат-контролю можуть підтримувати оптимальні умови для здоров'я, зменшуючи вологість повітря, що може сприяти росту плісняви та бактерій.

Проте, наявність клімат-контролю може також мати свої недоліки. Один з найбільш очевидних недоліків – це високі витрати на енергію. Постійна робота систем опалення та кондиціонування повітря може призводити до значних витрат електроенергії, що впливає на розмір комунальних платежів. Крім того, неправильне використання або налаштування систем може призвести до неефективного використання енергії та недостатньої ефективності в регулюванні клімату.

Ще одним аспектом, який варто враховувати, є вплив клімат-контролю на якість повітря у приміщенні. Незадовільна циркуляція повітря або недостатня вентиляція можуть призвести до накопичення шкідливих речовин у повітрі, таких як діоксид вуглецю та випари з будівельних матеріалів, що може негативно впливати на здоров'я мешканців. Тому важливо правильно вибирати та налаштовувати системи клімат-контролю з урахуванням вимог до якості повітря.

Загалом, клімат-контроль в житлових приміщеннях відіграє важливу роль у забезпеченні комфортних та здорових умов для мешканців. Правильний вибір та ефективне використання систем клімат-контролю можуть значно підвищити якість життя та знизити витрати на комунальні послуги. Однак важливо ретельно вивчити потреби та умови конкретного будинку або квартири, щоб вибрати найбільш підходящі та ефективні рішення в області клімат-контролю [7] .

Клімат-контроль в житлових будинках, квартирах та будинках є

складним і многогранним процесом, який враховує різноманітні фактори, включаючи тип систем опалення, вентиляції та регулювання температури. При розгляді можливостей клімат-контролю в житлових приміщеннях необхідно враховувати різноманітні методи опалення, від традиційних дров'яних печей до сучасних систем центрального опалення.

Одним з традиційних методів опалення у будинках є використання дров'яних печей. Ці печі не лише забезпечують тепло, а й створюють особливу атмосферу затишку. Однак важливо враховувати, що використання дров'яних печей може впливати на клімат у приміщенні, зокрема на розподіл температури та рівень вологості. Велика кількість палива може призводити до перегріву приміщення, тоді як його недостатній обсяг може не забезпечити достатнього тепла (в будинку є печі і за логікою їх треба враховувати) .

При впровадженні систем клімат-контролю у будинках з дров'яним опаленням важливо забезпечити взаємодію між різними компонентами системи. Наприклад, можливо встановити термостати для автоматичного регулювання температури у приміщенні на основі вимірювання температури навколишнього середовища. Також важливо враховувати регіональні особливості та індивідуальні вподобання мешканців при налаштуванні системи клімат-контролю.

У квартирах зазвичай використовуються центральні системи опалення, які можуть працювати на газових або електричних котлах. Ці системи дозволяють ефективно регулювати температуру у всьому приміщенні за допомогою терморегуляторів або клапанів на батареях. Проте, необхідно враховувати, що на кухні може бути вища температура внаслідок роботи плити чи духовки, тому важливо розглядати можливість встановлення додаткових регуляторів температури у цій зоні.

Крім того, важливо враховувати системи вентиляції у житлових приміщеннях, які забезпечують обмін повітря для забезпечення свіжого та здорового середовища. Ефективна система вентиляції дозволяє контролювати рівень вологості та видалити забруднення з повітря, забезпечуючи комфортне життя для мешканців. Однак, багато сучасних систем клімат-контролю не

враховують вологості повітря, що може призводити до незадовільних умов для здоров'я.

Отже, при розробці систем клімат-контролю для житлових будинків та квартир важливо враховувати різні методи опалення, включаючи дров'яні печі та центральні системи опалення, а також враховувати вплив інших факторів, таких як вентиляція та регулювання температури. Тільки з цілісним підходом до клімат-контролю можна забезпечити комфортне та здорове середовище для мешканців житлових приміщень.

В нашому випадку дані гігрометра та термометрів у кімнатах будинку вказані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Показники параметрів у приміщенні

Кімната	Площа, м ²	Температура, °С	Вологість, %	Опис
Передпокій	5	17	70	У передпокої відчувається холодно та волого, можливо, через недостатнє опалення та відсутність належної вентиляції.
Ванна	10	18	75	У ванній відчувається волого та прохолодно, що може бути зумовлено використанням води ванни та душу.
Столова	10	20	60	У столовій середня температура, але приємно. Тут можна відпочити і відпочити від зовнішнього світу.
Кухня	10	24	80	У кухні дуже тепло та волого, що зумовлено роботою дров'яного котла, газової плити та використанням води.
Перша спальня	20	16	55	У першій спальні відчувається прохолодно та сухо, можливо, через недостатнє опалення.
Гостьова	25	17	50	У гостьовій також прохолодно та сухо, але комфортно для відпочинку.
Друга спальня	20	21	55	У другій спальні тепло та сухо, що робить це найкомфортнішим приміщенням у будинку для сну.

1.3 Переваги та недоліки різних типів систем клімат-контролю

Клімат-контроль в приміщеннях є важливим аспектом, який впливає на комфорт, здоров'я та продуктивність користувачів. Різні типи систем клімат-контролю можуть бути використані для досягнення цієї мети, кожен з яких має свої переваги та недоліки.

Централізована система клімат-контролю, що складається з центрального блоку, що регулює температуру та вентиляцію всієї будівлі, представляє собою важливий елемент сучасних інженерних рішень для оптимізації мікроклімату у житлових та комерційних приміщеннях. Центральний блок дозволяє централізовано керувати роботою всієї системи, що максимально сприяє ефективному використанню енергії.

Однією з основних переваг централізованої системи є її висока ефективність. Це досягається завдяки централізованому управлінню, яке дозволяє краще координувати роботу всіх компонентів системи, що в свою чергу забезпечує оптимальне споживання енергії та максимальний комфорт усім мешканцям або працівникам будівлі.

Проте, варто зазначити, що недоліком централізованої системи є її обмежена можливість зонального регулювання. У різних зонах будівлі може існувати різна потреба в клімат-контролі в залежності від функціонального призначення кожної зони та індивідуальних вимог користувачів. Централізована система може не завжди забезпечити достатньо гнучкого контролю над температурою в кожній окремій зоні будівлі, що може призвести до несприятливого впливу на комфорт користувачів та споживання енергії.

Індивідуальні системи клімат-контролю створюють можливість регулювати мікроклімат окремо для кожної зони або кімнати у будівлі. Це важливий аспект, який надає користувачам значний контроль над їхнім комфортом, забезпечуючи можливість налаштовувати параметри температури та вентиляції залежно від індивідуальних потреб та умов використання кожної зони. Такий підхід може призвести до значної економії енергії, оскільки клімат може бути

регульований лише для тих зон, які активно використовуються.

З незаперечних переваг індивідуальних систем слід відзначити їхню гнучкість та спроможність адаптуватися до індивідуальних потреб користувачів та конкретних умов використання будівлі. Кожне приміщення може мати свої унікальні вимоги до мікроклімату, і індивідуальні системи забезпечують можливість оптимізувати ці умови для максимального комфорту.

Проте, важливо враховувати і недоліки такого підходу. Одним з головних недоліків індивідуальних систем є їхня вартість та складність обслуговування. У порівнянні з централізованими системами, установка та обслуговування окремих систем може виявитися витратнішою та трудомісткішою процедурою. Крім того, збереження однорідного рівня комфорту у всій будівлі може виявитися складнішим завданням з індивідуальними системами, особливо в разі різних побажань користувачів або умов використання.

Сучасні розумні системи клімат-контролю використовують передові технології та алгоритми для автоматичного регулювання мікроклімату у приміщенні з урахуванням різних факторів, таких як температура, вологість, час доби та інші. Ці системи можуть навіть навчитися адаптуватися до індивідуальних уподобань користувачів, що робить їх надзвичайно зручними та ефективними.

Переваги розумних систем клімат-контролю очевидні. Вони забезпечують автоматичне налаштування до змінюваних умов та потреб користувачів, що гарантує оптимальний комфорт при мінімальному зусиллі з боку користувача. Дані системи здатні реагувати на зміни в середовищі навіть без прямого втручання з боку людини, забезпечуючи стабільність та комфорт у приміщенні.

Проте, слід відзначити, що вартість розумних систем може бути вищою порівняно з іншими типами клімат-контролю. Це зумовлено використанням передових технологій та алгоритмів, що потребують великих інвестицій як при встановленні, так і при підтримці системи. Однак, у довгостроковій перспективі ефективність та комфорт, які забезпечує розумна система, можуть перевищити витрати на її утримання [8, 9].

Загальні переваги та недоліки представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Загальні переваги та недоліки систем клімат-контролю

Параметр	Централізована система	Індивідуальна система	Розумна система
Встановлення	Вимагає комплексного встановлення та обслуговування, зазвичай потрібна професійна установка.	Зазвичай легше встановити та підтримувати, можливо встановлення власноруч.	Вимагає спеціалізованих технологій та обладнання для налаштування та підтримки.
Вартість	Зазвичай дорожче встановлення та підтримка через потребу у центральному обладнанні та виведенні каналів.	Може бути економічнішим встановленням та підтримкою через менший масштаб та простоту.	Може бути вартістю середнього рівня встановлення та підтримки, залежно від рівня автоматизації та функцій.
Ефективність	Зазвичай ефективна через централізоване керування та використання енергії.	Може бути ефективною, особливо якщо система регулюється відповідно до потреб кожної зони окремо.	Може бути дуже ефективною завдяки автоматичному керуванню та адаптації до умов користувача.
Контроль	Обмежений контроль за кожною окремою зоною.	Користувач має повний контроль над температурою та вентиляцією в кожній зоні.	Система може автоматично керувати та адаптуватися до змінних умов, забезпечуючи максимальний комфорт та ефективність.
Підтримка	Вимагає регулярного технічного обслуговування та може бути складною для діагностики несправностей.	Може бути легше у виявленні та виправленні несправностей, але все ж потребує технічної підтримки.	Може вимагати спеціалізованої підтримки для налаштування та обслуговування, але може бути менш зв'язаною з регулярним технічним обслуговуванням.

Оцінка критеріїв для вибору системи клімат-контролю для будинка представлена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Оцінка параметрів систем клімат-контролю

Параметри	Централізована система	Індивідуальна система	Розумна система
Вартість	Висока	Середня або висока	Висока
Керування	Централізоване	Індивідуальне	Автоматичне, індивідуальне
Ефективність	Висока	Залежить від установки	Висока

Продовження таблиці 1.3

Параметри	Централізована система	Індивідуальна система	Розумна система
Можливість зонового регулювання	Обмежена	Так	Так
Комфорт	Залежить від налаштувань	Залежить від налаштувань	Автоматичне, індивідуальне
Енергоефективність	Залежить від налаштувань	Залежить від налаштувань	Висока
Системи опалення/охолодження	Централізована	Індивідуальна	Індивідуальна
Складність установки та обслуговування	Висока	Середня	Висока
Контроль вологості та якості повітря	Обмежений	Залежить від установки	Так
Автоматизація	Мінімальна	Можливості обмежені	Висока

Вибір системи клімат-контролю для будинка повинен бути здійснений з урахуванням конкретних потреб та обставин. У багатьох випадках, розумна система клімат-контролю може бути оптимальним вибором, оскільки вона може забезпечити комфортні умови, ефективно керувати енергією та автоматично адаптуватися до змінних умов користувача. Однак вирішення також може залежати від бюджету, індивідуальних вподобань та можливостей установки та підтримки.

Розглянемо варіанти системи клімат-контролю. При обиранні системи клімат-контролю для будинка, важливо врахувати різноманітні фактори, щоб забезпечити комфорт та ефективність. Централізовані системи можуть бути зручними за умови, що вони відповідають потребам всієї будівлі, але вони можуть бути витратними та неефективними у використанні ресурсів. Індивідуальні системи надають більший контроль та гнучкість, але можуть вимагати більших витрат на встановлення та обслуговування.

У даному випадку, вибір розумної системи клімат-контролю може бути найкращим рішенням. Розумні системи використовують сучасні технології для автоматичного керування та оптимізації клімату у будинку. Вони

приспосовуються до змінних умов та потреб користувачів, забезпечуючи максимальний комфорт при мінімальному зусиллі. Додатково, розумні системи можуть забезпечувати контроль якості повітря та енергоефективність, що може призвести до зниження витрат на опалення та охолодження.

Отже, обираючи розумну систему клімат-контролю для будинка, ви отримаєте не лише комфорт та ефективність, але й можливість автоматизувати та оптимізувати управління кліматом у вашому будинку з максимальною зручністю та ефективністю.

1.4 Вибір оптимальних параметрів клімат-контролю

Вибір оптимальних параметрів клімат-контролю залежить від конкретних потреб користувачів та характеристик приміщення. Для досягнення цієї мети, необхідно визначити потреби у регулюванні температури, вологості та інших факторів. Аналіз вимог до системи від користувачів є важливим кроком у забезпеченні оптимальних умов.

Визначення оптимальних параметрів клімату для конкретного приміщення є важливим кроком у створенні комфортних та здорових умов для його користувачів. Під цим розділом розглянемо процес визначення потреб у регулюванні температури, вологості та інших факторів.

Встановлення оптимальної температури – це ключовий аспект клімат-контролю, оскільки неправильно встановлена температура може призвести до дискомфорту, погіршення здоров'я та зниження продуктивності. Визначення оптимальної температури залежить від кількох факторів, включаючи тип приміщення, зовнішні кліматичні умови, а також вимоги користувачів.

Одним з основних критеріїв визначення потреб у регулюванні температури є тип діяльності, яка відбувається у приміщенні. Наприклад, в офісних приміщеннях, де відбувається робота з комп'ютерами, може бути важливо забезпечити оптимальну температуру, яка сприяє концентрації та продуктивності. У житлових будинках потреби у температурному режимі можуть варіюватися залежно від вподобань мешканців та їхніх звичок.

Крім того, зовнішні кліматичні умови також впливають на встановлення оптимальної температури. У регіонах з теплим кліматом може бути важливо мати ефективну систему охолодження, щоб уникнути перегріву приміщення влітку. У холодних регіонах, навпаки, важливо мати ефективну систему опалення для забезпечення комфортної температури взимку.

Крім температури, вологість також є важливим фактором для комфорту та здоров'я. Визначення оптимальної вологості також залежить від типу приміщення та потреб користувачів. Надмірна вологість може призвести до появи плісняви та алергенів, тоді як недостатня вологість може призвести до сухості повітря та дискомфорту для дихальних шляхів.

Також важливо врахувати інші фактори, такі як рівень шуму та якість повітря. Забруднене повітря може призвести до різних проблем зі здоров'ям, тому ефективна система вентиляції є необхідною для забезпечення здорового та комфортного середовища.

Аналіз вимог до системи від користувачів є важливим етапом при виборі оптимального типу системи клімат-контролю. Врахування потреб і вимог користувачів допомагає підібрати систему, яка найкращим чином відповідає їхнім потребам та очікуванням.

Однією з основних вимог користувачів є забезпечення комфортних умов проживання або праці. Комфорт включає в себе не лише оптимальну температуру та вологість, але й інші аспекти, такі як рівень освітлення, якість повітря та рівень шуму. Таким чином, система клімат-контролю повинна бути налаштована таким чином, щоб забезпечити максимальний комфорт для користувачів (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Налаштування клімат-контролю

Крім комфорту, іншою важливою вимогою користувачів є енергоефективність системи. Енергоефективність є важливим аспектом як з екологічної, так і з економічної точки зору. Ефективна система клімат-контролю допомагає зменшити споживання енергії та витрати на оплату комунальних послуг, що є важливим для багатьох користувачів.

Крім цього, вимоги до системи можуть включати індивідуальні потреби або обмеження користувачів. Наприклад, деякі користувачі можуть мати алергічні реакції на певні алергени, тому вони можуть вимагати систему клімат-контролю з високим рівнем фільтрації повітря. Інші користувачі можуть мати певні фізичні обмеження, які потребують особливих умов зберігання або температурного режиму.

Отже, аналіз вимог до системи від користувачів допомагає вибрати оптимальний тип та параметри системи клімат-контролю, що відповідають їхнім потребам та очікуванням. Урахування цих вимог є ключовим аспектом при проектуванні та встановленні системи клімат-контролю для будь-якого приміщення.

Оптимальні параметри для здоров'я включають в себе комфортну температуру, відповідну вологість та чисте повітря. Проте, ці параметри можуть варіюватися залежно від кліматичних умов та культурних практик в різних країнах.

1) Температура. За оптимальну температуру для здоров'я людини вважають в діапазоні 18-24 °C. Температура в кімнатах повинна бути зручною для виконання різних активностей, таких як сон, робота, відпочинок тощо.

2) Вологість. Оптимальний рівень вологості повітря зазвичай визначається в межах 40-60 %. Занадто сухе повітря може викликати проблеми з диханням та шкірою, тоді як занадто вологе повітря сприяє росту плісняви та алергенів.

3) Чисте повітря. Для здоров'я важливо мати чисте повітря без забруднень, таких як пил, дим, алергени, токсичні гази тощо. Вентиляція та фільтрація повітря можуть бути важливими аспектами забезпечення здорового

середовища проживання [10-13] .

За останні роки, в Україні та в багатьох інших країнах, все більше звертають увагу на якість повітря у приміщеннях та його вплив на здоров'я. Наприклад, в Європейському Союзі прийнято директиви щодо якості внутрішнього повітря, які встановлюють мінімальні стандарти для забезпечення здоров'я громадян. У Сполучених Штатах, Національний інститут здоров'я рекомендує забезпечувати оптимальну температуру та вологість у приміщеннях для збереження здоров'я. В Україні також спостерігається зростання інтересу до екологічних аспектів життя, у тому числі до якості повітря в приміщеннях.

Для кожної кімнати, для забезпечення оптимальних значень температури, вологості та рівня CO₂, можна вжити певні заходи. Заходи для системи клімат-контролю та необхідні датчики представлені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Заходи для системи клімат-контролю та необхідні датчики

Кімната	Заходи для оптимальних параметрів	Необхідні датчики
Передпокій	Встановити систему вентиляції для забезпечення свіжого повітря та контролю вологості.	Датчик вологості, датчик CO ₂
Ванна	Встановити витяжку для видалення вологості після прийому ванни або душу.	Датчик вологості
Столова	Використовувати осушувач повітря для контролю вологості та встановити систему вентиляції.	Датчик вологості, датчик CO ₂
Кухня	Встановити вентиляцію для забезпечення свіжого повітря та термостат для контролю опалення	Датчик температури, датчик вологості, датчик CO ₂
Перша спальня	Встановити систему забезпечення вентиляції та термостат для контролю опалення.	Датчик температури, датчик вологості, датчик CO ₂
Гостьова	Забезпечити регулярне провітрювання та встановити систему вентиляції для забезпечення свіжого повітря.	Датчик вологості, датчик CO ₂
Друга спальня	Встановити вентиляцію для регуляції температури та вологості та термостат для контролю опалення.	Датчик температури, датчик вологості, датчик CO ₂

2 ВИБІР ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

2.1 Вибір обладнання

Для забезпечення ефективного контролю та оптимізації клімату у глиняному будинку, обложеному цеглою, що має тендітні стінки, необхідно встановити комплексний набір датчиків та приладів, який буде забезпечувати надійний та продуктивний функціонування системи клімат-контролю. Основними складовими цього набору будуть датчики рівня CO₂, вологості та температури, що дозволять контролювати та підтримувати оптимальний мікроклімат у приміщенні.

Датчик рівня CO₂ відобразатиме рівень вуглекислого газу у повітрі, що допоможе уникнути небезпеки отруєння та забезпечить належну якість повітря для мешканців. Датчик вологості буде контролювати рівень вологості у приміщенні, що важливо для уникнення плісняви та інших проблем, пов'язаних з вологістю, а також для створення комфортних умов для проживання. Датчик температури дозволить відстежувати та регулювати температуру у приміщенні, забезпечуючи оптимальну тепло- та прохолодність.

Окрім цього, важливим елементом буде система утеплення, яка забезпечить збереження тепла у приміщенні та знизить витрати на опалення. Враховуючи, що стінки будинка мають тендітну структуру, для їх утеплення необхідно укріпити їх, наприклад, за допомогою додаткових шарів утеплювача чи використання спеціальних конструкцій.

Також, система кондиціонування повітря виявиться необхідною для забезпечення комфортних умов у літні періоди та контролю вологості у приміщенні. Враховуючи, що у кожній кімнаті є вікно, кондиціонер повинен бути обладнаний функцією регулювання температури та вентиляції для оптимального використання.

При виборі необхідних приладів та датчиків, важливо врахувати якість, ціну та доступність на ринку, щоб забезпечити максимальну ефективність та ефективне функціонування системи клімат-контролю в умовах вашого житла.

2.2 Вибір датчика CO₂

Датчик CO₂ (вуглекислого газу) - це електронний пристрій, який призначений для вимірювання концентрації вуглекислого газу в повітрі. Він використовується для моніторингу якості повітря в приміщеннях та інших об'єктах, де важливо контролювати рівень CO₂ для забезпечення здоров'я та комфорту. Датчик CO₂ може бути підключений до систем автоматизації будівель, систем вентиляції, смарт-платформ та інших пристроїв для реагування на зміни в рівні вуглекислого газу та забезпечення оптимальних умов для проживання. Обираємо датчик вуглекислого газу (CO₂), який може бути підключений до систем контролю.

2.2.1 Sensor Module CO₂ K30 FR

Sensor Module CO₂ K30 FR – високопродуктивний модуль датчика CO₂ лінійного передавача оптимізовано для швидкого відгуку. Він призначений для вбудовування в обладнання, яке потрібна швидка швидкість оновлення вимірювань CO₂. Осередок зразка добре захищений фільтром частинок і призначений для швидкої дифузії без будь-якої необхідності зовнішнього насос. Крім того, є трубчастий вхідний отвір для проходження тестового газу в режимі онлайн. Попри будучи заснованим на надійній технології інфрачервоного вимірювання газу та будучи дуже точним, дизайн дуже економічний.

Пристрій розрахований на роботу при стабілізованій напрузі живлення від 4,5 до 14 В.

Під час нормальної роботи сенсорний модуль вимірює концентрацію CO₂ в навколишньому газі двічі кожну секунду. Регістр вимірювань можна контролювати через шину I2C або UART послідовний інтерфейс. Виміряна концентрація CO₂ фільтрується настроюваним цифровим фільтром також передається на аналогові лінійні виходи напруги [14].

Загальний вигляд модуля наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд модуля K30 FR

Характеристики модуля наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики модуля K30 FR

Параметр	Характеристика
Принцип роботи	Інфрачервоний недисперсійний (NDIR)
Вимірюваний газ	CO ₂
Діапазон вимірів	0–5000 частин на мільйон
Точність	±30 ppm ±3 % від показання
Робочий діапазон відносної вологості	<95 % відносної вологості
Робочий діапазон °C	<50 °C
Час прогрівання	≤1 хв.
Час відгуку	<2 сек.
Джерело живлення	4,5–14 В
Піковий струм	600 мА
Середній струм	70 мА
Комунікація	Протокол Modbus, UART
Виходи	2 – цифрові
Очікувана тривалість життя	>3 роки
Розміри	51 x 57 x 14 мм (Д x Ш x В)
Умови зберігання	-30-70 °C

Сенсорна платформа K30 може бути налаштована для різноманітних застосувань зондування та керування. Ця платформа розроблена бути ЕОМ-модулем для вбудованих додатків у головному пристрої.

2.2.2 Датчик CO₂ 005-0-0001 LP8

Мініатюрний датчик CO₂ 005-0-0001 LP8 на 10 000 ppm (раніше відомий як SE-0038) призначений для моніторингу концентрації CO₂ до 10 000 ppm при тривалому використанні батарей або сонячних батарей [15].

Функції:

- ультракомпактний датчик NDIR;
- для одного виміру потрібно всього 11,9 мДж енергії;
- розрахований на тривалу роботу від акумулятора;
- змінний період вимірювання для економії енергії.

Широкий діапазон напруг (2,9-5,5 В) дозволяє використовувати різні варіанти живлення. Наприклад, він може житись від 3 лужних батарей 1,5 В або від однієї батареї Li-SOCl₂ 3,6 як більш компактної альтернативи.

Загальний вигляд датчика наведено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд датчика LP8

Технічні характеристики:

- вимірювання CO₂ : недисперсійний інфрачервоний (NDIR);
- діапазон вимірювання: 0–10 000 ppm CO₂ ;

- точність: ± 50 ppm, $\pm 3\%$ від показання;
- час відповіді: 30 секунд;
- метод виміру: дифузія;
- період вимірювання: > 15 секунд;
- доступний вихід: лише цифровий;
- зв'язок: UART (протокол хост-підлеглий);
- інтервал технічного обслуговування: технічне обслуговування не потрібне;
- самодіагностика: повна перевірка працездатності під час запуску;
- розміри: $32,7 \times 19,7 \times 8$ мм (ДхШхВ);
- вага: < 8 грам;
- очікуваний термін служби датчика: > 15 років.

2.2.3 Датчик SCD30

SCD30 від Sensirion – це високоякісний недисперсійний інфрачервоний (NDIR) датчик CO₂, здатний виявляти концентрацію газу від 400 до 10000 ppm з точністю $\pm (30 \text{ ppm} + 3\%)$. Для підвищення точності SCD30 має вбудований вимір температури та вологості, а також команди для встановлення поточної висоти над рівнем моря. Для додаткової точності SCD30 також приймає показання тиску навколишнього середовища.

Датчик вологості та температури SCD30 також може автоматично виявлятися, скануватися, налаштовуватись та реєструватися за допомогою системи реєстратора даних OpenLog Artemis. При цьому не потрібне програмування, паяння чи налаштування [16].

Примітка: SCD30 має автоматичну процедуру самокалібрування. Sensirion рекомендує чергувати кожні 7 днів безперервних показань з не менше ніж 1 годинною на день «свіжого повітря» для завершення самокалібрування.

Характеристики:

- напруга живлення: 3,3 В – 5,5 В;
- сенсорна технологія NDIR CO₂ ;
- датчик температури та вологості: вбудований;
- двохканальне виявлення для чудової стабільності;
- розміри: 35 мм x 23 мм x 7 мм;
- діапазон вимірювання: 400 ppm – 10.000 ppm;
- точність вимірів: $\pm (30 \text{ ppm} + 3\%)$;
- споживаний струм: 19 мА при 1 меас. на 2 с.;
- споживання енергії: 120 мДж при 1 вимірі;
- повністю відкалібрований та лінеаризований;
- цифровий інтерфейс: UART чи I2C

Сенсор CO₂, вологості і температури Groove - це високоточний сенсор діоксиду карбону, побудований на базі Sensirion SCD30. Межі вимірювання даного пристрою від 0ppm до 40 000ppm, а похибка вимірювань в діапазоні від 400ppm до 10 000ppm складає лише $\pm 3\%$. Як бонус, технологія недиспергуючого - спектроскопічного для простоти - інфрачервоного аналізатора CO₂ дозволила на базі того самого модуля (Sensirion) здійснити вимірювання вологості і температури.

Загальний вигляд датчика наведено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд датчика SCD30

Особливості:

- NDIR технологія виявлення CO₂;
- інтегровано вимір температури та вологості;
- найкраще співвідношення ціни та якості;
- двоканальне вимірювання для кращої стабільності;
- I2C інтерфейс.

2.2.4 Інфрачервоний оптичний датчик MH-Z19B

Компактний та енергоефективний інфрачервоний оптичний датчик MH-Z19B Gas Sensor для вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO₂ – діоксид вуглецю) у повітрі. Відмінне рішення для використання в системах оцінки якості повітря, системах "розумний будинок" та обладнання для вентиляції та очищення повітря.

Модуль має два виходи для отримання даних – послідовний UART-інтерфейс та ШІМ-сигнал. Вихідні інтерфейси мають логічні рівні TTL 3.3В, але при цьому вони мають сумісність із 5-вольтовою логікою.

Датчик MH-Z19B може працювати в одному з двох діапазонів виміру - 0...2000 або 0...5000 ppm. Вибір діапазону здійснюється програмно через UART-інтерфейс. У датчику є вбудована термокомпенсація, що дозволяє використовувати датчик при температурах від 0 ° C до +50 ° C з мінімальною похибкою [17].

При використанні датчика CO₂ MH-Z19B обов'язково потрібно враховувати, що ці датчики мають деяку інерційність показань - при зміні концентрації вуглекислого газу датчику потрібно близько однієї хвилини для видачі коректних значень. Також варто звернути увагу на те, що після подачі живлення датчику потрібно близько трьох хвилин для підготовки до роботи, протягом цього часу показання концентрації CO₂ використовувати не можна, оскільки вони значно відрізнятимуться від дійсності.

Характеристики:

- напруга живлення: 4.5...5.5 В;
- споживаний струм (середній): 60 мА;
- вихідний сигнал: UART та PWM;
- діапазон виміру: 0..5000 ppm;
- діапазон робочих температур: 0 °С...+50 °С;
- допустимий діапазон вологості: 0...90 % (без конденсації);
- розміри: 33x20x9 мм;
- термін експлуатації: > 5 років.

Загальний вигляд датчика МН-Z19 наведено на рисунку 2.4.

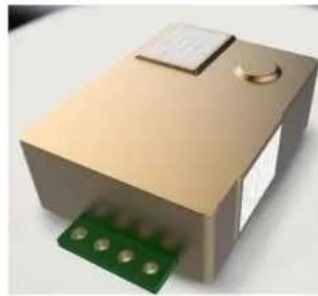


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд датчика МН-Z19

Переваги датчика МН-Z19:

- висока точність вимірювань: Датчик МН-Z19 відомий своєю високою точністю вимірювань рівня вуглекислого газу (CO₂), що дозволяє отримувати надійні дані про якість повітря;
- просте підключення: Він може бути легко підключений до різних мікроконтролерів або систем контролю через UART інтерфейс, що робить його використання дуже зручним;
- ефективність інфрачервоного сенсора: Вбудований інфрачервоний сенсор забезпечує точне та стабільне вимірювання рівня CO₂ навіть в умовах зміни температури та вологості;

– економічність: Sensor MH-Z19 відомий своєю доступною ціною, що робить його одним з найбільш економічних варіантів серед доступних датчиків CO₂.

Завдяки цим перевагам датчик MH-Z19 може бути привабливим вибором для тих, хто шукає надійний та доступний засіб для вимірювання рівня вуглекислого газу в повітрі свого приміщення.

2.3 Вибір датчика вологості та датчика температури

Датчик температури та вологості – це електронний пристрій, який призначений для вимірювання рівня температури та вологості в повітрі. Він дозволяє контролювати кліматичні умови в приміщенні та забезпечувати комфортні умови для проживання або роботи.

У більшості випадків, датчик вологості є необхідним, оскільки він дозволяє визначити вологість повітря, що може впливати на здоров'я і комфорт людей, а також на стан інтер'єру. Наприклад, занадто висока вологість може призводити до утворення плісняви та розвитку алергій, тоді як занадто низька вологість може спричинити сухість шкіри та дихальних шляхів.

Що ж до температури, то вона також має велике значення для забезпечення комфорту та здоров'я. Навіть якщо в деяких кімнатах температура не є проблемою, вона може бути важливою для забезпечення однакових кліматичних умов у всьому будинку або офісі. Таким чином, вимірювання як температури, так і вологості одним датчиком дозволяє ефективно контролювати кліматичні умови та забезпечувати комфорт для всіх приміщень.

2.3.1 Aqara Temperature and Humidity Sensor

Aqara Temperature and Humidity Sensor – датчик температури, вологості та атмосферного тиску. Сенсор надішле сповіщення на телефон при найменшому

відхиленні показників від норми. Дізнавайтеся температуру, вологість і атмосферний тиск у вашому домі в будь-який час та в будь-якому місці. У додатку є можливість відстеження даних за певний період – так, статистика відобразить коливання температури вночі, мінімальні показники за відсутності електропостачання та зміни після ввімкнення кондиціонерів/зволожувачів [18].

Датчик ідеально підходить тим, у кого є маленькі діти, а також людям похилого віку.

Датчик Aqara Temperature and Humidity Sensor – незамінний інтелектуальний помічник в будинку, де слідкують за оптимальним температурним режимом і вологістю. Налаштована система розумного будинку зуміє самостійно визначити, для прикладу, недостатню вологість повітря, й автоматично увімкнути зволожувач (з розумною розеткою). При високій температурі – кондиціонер. Так, показники завжди будуть комфортними.

Ви можете встановити датчик в будь-якій частині будинку і підключити його в кілька кліків на смартфоні.

Характеристики

- бренд: Aqara Temperature and Humidity Sensor;
- модель: WSDCGQ11LM;
- робоча температура -20 - 60°C (+/- 0.3°C);
- робоча вологість 0 - 95pct RH (+/- 0.3pct);
- ZigBee;
- підтримка додатків: Aqara Home, Xiaomi Home, Apple HomeKit;
- вага: 110 г;
- розмір продукту: 3.60 x 3.60 x 0.90 см.

Загальний вигляд датчика наведено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Датчик Aqara Temperature and Humidity Sensor

2.3.2 Z-Wave Plus Aeotec Multisensor 6

Z-Wave Plus Aeotec Multisensor 6 містить 6 датчиків в одному корпусі: датчик руху, температури, вологості, освітленості, вібрації, рівня ультрафіолету.

Багатофункціональний датчик Aeotec MultiSensor 6 фіксує те, що відбувається в будинку в режимі реального часу. Інформація надсилається на контролер, завдяки чому користувач отримує повідомлення на смартфон про все, щоб відбувається у будинку [19].

Пристрій відстежує навколишнє освітлення. За допомогою синхронізації з іншими розумними приладами та встановлення автоматичних сценаріїв роботи, доступна настройка включення або вимкнення світла, також відкривання та закривання штор для досягнення потрібного рівня освітлення.

Датчик аналізує показники температури та вологості повітря у приміщенні, зберігає інформацію та передає показання на централь управління. У разі невідповідності показників можна налаштувати включення кондиціонера, обігрівача, зволожувача повітря та інших пристроїв.

Інфрачервоний сенсор відстежує знаходження та пересування в кімнаті

людської істоти або великих тварин, завдяки чому власник будинку дізнається про проникнення в приміщення за його відсутності.

Вбудований сенсор вібрації відстежує сейсмічну активність і здатний миттєво попередити про небезпеку.

Додатковою можливістю є захист будинку від ультрафіолетового випромінювання.

Датчик руху, температури, вологості, освітленості та вібрації Aeotec Multisensor 6 - AEO-EZW100 працює з контролером Z-Wave. Доступно дистанційне керування через встановлений додаток на смартфоні. Власник зможе змінювати налаштування, переглядати інформацію та отримувати повідомлення, перебуваючи в будь-якому місці. Залишаючись на зв'язку із системою безпеки розумного будинку, Ви завжди будете впевнені у надійній охороні житла та комфорту близьких людей.

Характеристики датчика Aeotec Multisensor 6 - AEOEZW100:

- захист від розтину та зняття з місця встановлення;
- збільшений радіус дії до 150 метрів;
- чутливість руху становить 3 м - 5 м;
- діапазон відносної вологості 20 %RH – 80 %RH. Точність: $\pm 5\%RH$;
- діапазон вимірюваної температури $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Точність: $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- легка установка на поверхню за допомогою спеціального кріплення або клейкої стрічки;
- детектування освітленості 0 LUX – 1000 LUX;
- живиться від блока живлення USB DC 5V або батарейки $2 \times CR123A$, 3V, 1500mAh (у комплект не входять).

Загальний вигляд датчика Z-Wave Plus Aeotec Multisensor 6 наведено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд датчика Z-Wave Plus Aeotec Multisensor 6

2.3.3 Z-Wave Plus Zooz ZSE40 4-in-1 Sensor

Датчик ZSE40 4-в-1 може відстежувати найважливіші дані у вашому будинку: рух, температуру, вологість та освітленість [20].

Рух. Отримуйте сповіщення, коли вас немає вдома, або автоматизуйте освітлення. Цей датчик може виявляти рух на відстані до 40 футів і миттєво відправляти оповіщення на концентратор.

Температура. Контролюйте кожну кімнату для більш розумного клімат-контролю. Ви самі вирішуєте, наскільки частими і докладними повинні бути звіти, щоб максимально ефективно використовувати можливості вашого датчика.

Вологість. Приділяйте пріоритетну увагу якості повітря, щоб найкраще служити здоров'ю вашої родини. Запобігайте сухості повітря за допомогою автоматизованих правил. Увімкніть вентилятори або осушувачі, щоб уникнути надмірної вологи.

Світло. Переконайтеся, що світло не вмикається, якщо воно досить яскраве. Увімкнення датчика яскравості до ваших систем інтелектуального освітлення допоможе вам оптимізувати енергоспоживання.

Надійна звітність. Zooz багато років працював над цим датчиком, впроваджуючи нові функції для оптимізації його продуктивності та оновлення прошивки, що додають нові функціональні можливості. Ця остання версія є найкращим поєднанням нових компонентів і вдосконаленого програмного забезпечення.

Загальний вигляд датчика ZSE40 4-в-1 наведено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд датчика ZSE40 4-в-1

Чіп серії 700 збільшує продуктивність на 50 % порівняно із серією 500, що зменшує кількість повторювачів, необхідних пристрою для зв'язку з концентратором. Це робить звіти ще швидшими, з меншою кількістю затримок або пропущених повідомлень.

Просто відскануйте QR-код всередині кришки батарейного відсіку датчика, щоб легко додати його до концентратора за допомогою інноваційного методу SmartStart (якщо ваш концентратор підтримує цю функцію).

Гнучке розміщення. Для досягнення найкращих результатів встановіть датчик на відстані не більше 9 метрів від дверей та приблизно 2 метри від землі. Майте на увазі, що ця модель призначена тільки для використання всередині приміщень.

У кутку кімнати, на стіні чи стелі – встановіть датчик там, де він вам найбільше потрібний. Пристрій легко впишеться в будь-який інтер'єр, дозволяючи непомітно стежити за навколишнім оточенням. Зона виявлення руху охоплюється не більше 40 футів від датчика.

Використовуйте монтажний кронштейн, що додається, або просто закріпіть датчик на плоскій поверхні за допомогою клею. Для вашої зручності в комплект поставки входять кріпильні гвинти та стрічка з детальною інструкцією.

Функції:

- 4 інтелектуальні датчики в 1 компактному пристрої;
- 7 рівнів чутливості до руху;
- 3 режими повідомлень світлодіодного індикатора руху/температури;
- вбудований захист від несанкціонованого доступу;
- оповіщення про низький заряд батареї;
- новий чіп Z-Wave серії 700: швидший сигнал і триваліший час автономної роботи;
- S2 Аутентифікована безпека із зашифрованим зв'язком;
- увімкнення SmartStart для простого та безпечного сполучення.

Технічні дані:

- джерело живлення: 1 батарея CR123A (входить до комплекту постачання);
- частота сигналу Z-Wave: 868,42 МГц;
- діапазон: до 100 м прямої видимості;
- встановлення та використання: тільки всередині приміщення;
- робоча температура: 0-40 °C;
- розміри: 5,7 x 5,7 x 2,5 см.

Обираємо датчик температури та вологості Aqara Temperature and Humidity Sensor, який володіє наступними перевагами:

- надійність і якість: Продукція від Aqara відома своєю надійністю та високою якістю виготовлення, що робить їх датчики довговічними та ефективними;
- компактний дизайн: Датчик має компактні розміри, що робить його легким у встановленні та розміщенні в будь-якому місці вашого будинку;
- легке управління: Зручний інтерфейс і підтримка мобільного додатка Aqara дозволяють вам легко моніторити температуру та вологість в реальному часі;
- підтримка інших платформ: Датчик може бути інтегрований з іншими розумними системами керування, такими як Apple HomeKit, Google Assistant та Amazon Alexa, що робить його сумісним з широким спектром пристроїв і платформ.

2.3.4 Датчик ДНТ 22

Датчик ДНТ22 – Цифровий датчик температури та вологості підвищеної точності має заводське калібрування та характеризується низьким енергоспоживанням [21].

Характеристики датчика:

- виробник: ASAIR;
- тип: AM2302 цифровий;
- точність: 0.1 °C;
- діапазон виміру вологості: 0-100%;
- діапазон вимірювання температури: -40 ~ 80 °C;
- точність виміру вологості: ±2% RH;
- точність вимірювання температури: ±0.5 градуси;
- напруга живлення: 3.6-6 В;
- кількість виводів: 4;

- ультранизьке енергоспоживання;
- не вимагає обв'язування;
- здатний працювати при досить довгому дроті.

Загальний вигляд датчика наведено на рисунку 2.8.

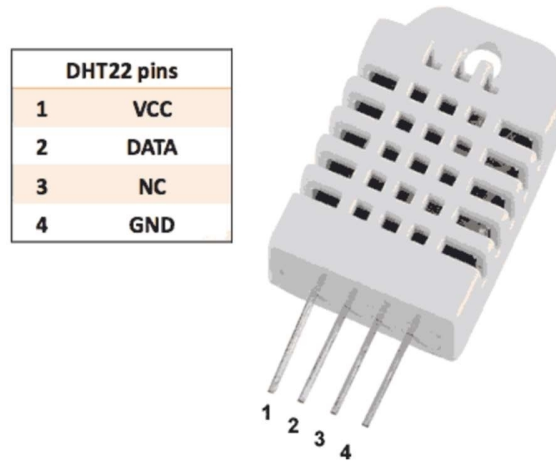


Рисунок 2.8 – Загальний вигляд датчика DHT22

2.4 Вибір системи вентиляції

У глиняних будинках, де стіни можуть бути крихкими і вразливими до вологості, системи вентиляції та контролю якості повітря є надзвичайно важливими. Осушувачі повітря і контролери якості повітря в цьому випадку можуть бути об'єднані в одному пристрої, що дозволяє ефективно моніторити і контролювати вологість та якість повітря в будинку.

Осушувачі повітря допомагають знижувати вологість в приміщенні, що є ключовим фактором для запобігання пошкодженням стін та розвитку плісняви. Контролери якості повітря вимірюють рівень шкідливих речовин у повітрі, таких як VOC (органічні розчинники), дим, пил та інші, і дозволяють контролювати якість повітря у будинку.

Цей поєднаний пристрій дозволяє ефективно моніторити та регулювати якість повітря у всьому будинку, що допомагає забезпечити комфортні та безпечні

умови для проживання. Особливо важливою ця система стає у глиняних будинках, де кондиціонери можуть бути складні для встановлення через крихкі стіни. Таким чином, об'єднані осушувачі повітря та контролери якості повітря можуть стати надійним та практичним рішенням для забезпечення здорового та комфортного середовища в глиняних будинках.

Розглянемо декілька подібних пристроїв:

1. LG PuriCare 360° Air Purifier: LG PuriCare 360° Air Purifier – це інтелектуальний осушувач повітря, який може бути підключений до системи клімат-контролю через Wi-Fi. Він має функції очищення повітря, вологості та осушення, а також можливість програмного керування через мобільний додаток [22].

2. Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier: Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier – це комбінований пристрій, який осушує, очищує та обігріває повітря в приміщенні. Він може бути підключений до системи клімат-контролю через Wi-Fi та інтегрований з іншими розумними пристроями [23].

3. Honeywell HPA600B Professional Series Air Purifier: Honeywell HPA600B Professional Series Air Purifier – це потужний осушувач повітря з фільтрами True HEPA, який може бути підключений до системи клімат-контролю через спеціальний Wi-Fi модуль. Він пропонує великий обсяг обробки повітря та ефективно управління з мобільного додатка [24].

4. Coway Airmega 400S Smart Air Purifier: Coway Airmega 400S Smart Air Purifier - це розумний осушувач повітря з можливістю підключення до Wi-Fi. Він має вбудовані датчики якості повітря та можливість автоматичного регулювання режимів роботи в залежності від потреб. Цей осушувач також може бути інтегрований з системою клімат-контролю для централізованого керування [25].

В проектуваному пристрої доцільно застосувати Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier, який, порівняно з іншими осушувачами/кондиціонерами, має наступні переваги:

1. Три в одному: Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier поєднує в собі

функції осушувача, очищувача повітря та обігрівача. Це означає, що ви можете використовувати його для кількох цілей в одному пристрої, що забезпечує економію простору та коштів.

2. Інтеграція з Wi-Fi та додатком: Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier має можливість підключення до Wi-Fi і контролю через мобільний додаток Dyson. Це дозволяє вам керувати пристроєм з будь-якої точки, де є Інтернет, і налаштовувати роботу відповідно до своїх потреб.

3. Ефективна очистка повітря: Цей пристрій використовує технологію Air Multiplier для ефективного очищення та циркуляції повітря в приміщенні. Він здатен збирати до 99,97% забруднень, таких як пил, алергени та бактерії, забезпечуючи свіже та чисте повітря.

Загальний вигляд очищувача повітря Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier наведено на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Очищувач повітря Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier

2.5 Вибір системи контролю

Системи контролю клімату є сучасними технологічними рішеннями, які об'єднують різноманітні компоненти, такі як датчики, термостати, осушувачі та

інші пристрої, у єдину систему для ефективного керування кліматом в будинку, офісі або будь-якому іншому приміщенні. Ці системи дозволяють автоматизувати роботу обладнання, оптимізувати використання енергії та забезпечувати комфорт та безпеку для користувачів.

Приклади приладів для об'єднання термостатів та датчиків разом:

1. Google Nest Hub Max: Google Nest Hub Max – це інтегрований пристрій для розумного будинку, який поєднує в собі контроль термостатів та інших розумних пристроїв, а також служби голосового керування за допомогою Google Assistant [26].

2. Hubitat Elevation: Hubitat Elevation - це локальна платформа для розумного будинку, яка дозволяє вам керувати термостатами та іншими пристроями без підключення до Інтернету. Він пропонує велику гнучкість налаштувань та автоматизації через власний хмарний доступ [27].

Ці прилади дозволять об'єднати ваші термостати разом та керувати ними як єдиним комплексом для забезпечення комфорту та енергоефективності в вашому будинку.

Обираємо Hubitat Elevation (рисунок 2.10), та як у місці розташування будинку не завжди є інтернет.



Рисунок 2.10 – Контролер Hubitat Elevation

Розрахунок потреб даного проекту наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок потреб проекту

Вид датчику/ системи	У яких кімнатах встановлюються	Кількість	Ціна , грн	Вартість, грн
CO2 Gravity: UART Infrared CO2 Sensor (MH-Z19)	Передпокій, столова, кухня, перша та друга спальня, гостьова	6	1260	7560
Aqara Temperature and Humidity Sensor	Всі	7	900	6300
Dyson Pure Hot+Cool Link Air Purifier	Всі	7	11000	77000
Hubitat Elevation	Перша спальня	1	7200	7200
Загальна вартість обладнання				98060

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ

3.1 Вибір мікроконтролера

В останні роки емуляція проектів Інтернету речей (IoT) у браузері стала надзвичайно популярною, забезпечуючи зручний спосіб тестування та розробки пристроїв без необхідності у фізичному обладнанні. Серед найбільш поширених платформ для емуляції IoT проектів виділяються різноманітні модулі ESP32, STM32 та Arduino, кожен з яких має свої унікальні властивості та переваги.

Модулі ESP32, ESP32-S2, ESP32-S3, ESP32-C3, ESP32-C6 та ESP32-H2 є представниками високопродуктивних мікроконтролерів з низьким енергоспоживанням, що мають інтегровані Wi-Fi та Bluetooth можливості. Вони широко використовуються у проектах IoT завдяки своїй високій продуктивності, надійності та доступності. Rust Board ESP32 також використовує мікроконтролер ESP32, але надає можливість програмування на мові Rust, що забезпечує додаткову безпеку та ефективність.

Мікроконтролери STM32, зокрема модулі STM32 Nucleo-64 C031C6 та STM32 Nucleo-64 L031K6, є багатофункціональними платформами, що підтримують широкий спектр застосувань, включаючи автоматизацію, промислову електроніку та медичні пристрої. Вони відомі своєю високою продуктивністю та енергетичною ефективністю.

Arduino є однією з найбільш популярних платформ для розробки електронних проектів завдяки своїй простоті у використанні та широкій спільноті підтримки. Модулі Arduino Uno Rev3, Arduino Mega та Arduino Nano пропонують різні конфігурації для різноманітних застосувань, від простих освітніх проектів до складних систем автоматизації. ATtiny85 та Franzinho, включаючи Franzinho-WiFi на базі ESP32-S2, є компактними мікроконтролерами, що ідеально підходять для невеликих проектів з обмеженим простором.

Raspberry Pi Pico та Raspberry Pi Pico W є новими учасниками на ринку мікроконтролерів, що пропонують потужні можливості за доступною ціною.

Вони підтримують широкий спектр додатків завдяки своїй гнучкості та підтримці програмування на різних мовах.

Зважаючи на всі вищезазначені фактори, для емуляції обираємо платформу Arduino Mega. Це зумовлено її потужними технічними характеристиками, багатфункціональністю та активною спільнотою розробників, що забезпечує легкість у навчанні та розробці. Arduino Mega має достатню кількість вхідних та вихідних портів, що дозволяє реалізовувати складні проекти з великою кількістю підключень та датчиків, що є важливою перевагою для комплексних IoT проектів (рисунк 3.1).

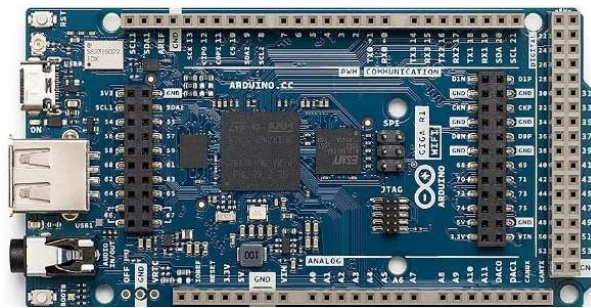


Рисунок 3.1 – Обрана платформа Arduino Mega

3.2 Підключення датчиків температури та вологості

Відповідно до завдання в роботі необхідно забезпечити контроль температури та вологості в будинку з семи кімнат. В якості датчика та вологості було обрано датчик DHT22.

Принципова схема підключення семи датчиків DHT22 до мікроконтролера наведена на рисунку 3.2.

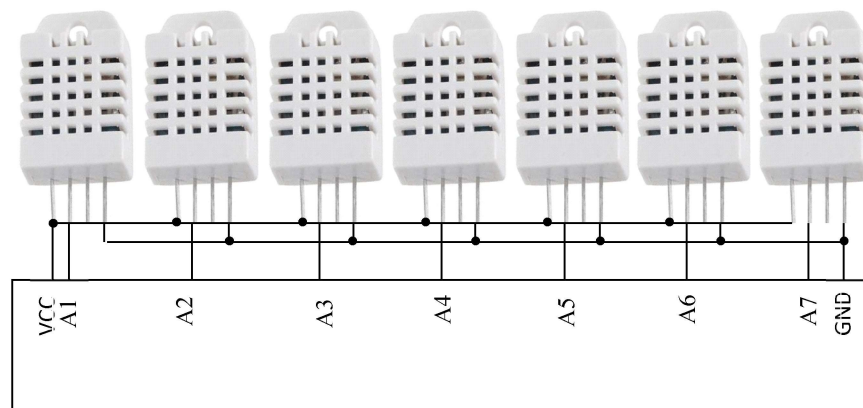


Рисунок 3.2 – Принципова схема підключення семи датчиків DHT22

Лістинг програми підключення датчика DHT22

```
#include <DHT.h>

#define DHTPIN_1 1 // Пін, на якому підключений датчик DHT
#define DHTPIN_2 2 // Пін, на якому підключений датчик DHT
#define DHTPIN_3 3 // Пін, на якому підключений датчик DHT
#define DHTPIN_4 4 // Пін, на якому підключений датчик DHT
#define DHTPIN_5 5 // Пін, на якому підключений датчик DHT
#define DHTPIN_6 6 // Пін, на якому підключений датчик DHT
#define DHTPIN_7 7 // Пін, на якому підключений датчик DHT
#define DHTTYPE DHT22 // Тип датчика DHT (в даному випадку DHT22)

DHT dht_1(DHTPIN_1, DHTTYPE);
DHT dht_2(DHTPIN_2, DHTTYPE);
DHT dht_3(DHTPIN_3, DHTTYPE);
DHT dht_4(DHTPIN_4, DHTTYPE);
DHT dht_5(DHTPIN_5, DHTTYPE);
DHT dht_6(DHTPIN_6, DHTTYPE);
DHT dht_7(DHTPIN_7, DHTTYPE);
```

Для отримання даних використовуємо такий лістинг

```
float temperature_1 = dht_1.readTemperature();
float temperature_2 = dht_2.readTemperature();
float temperature_3 = dht_3.readTemperature();
float temperature_4 = dht_4.readTemperature();
float temperature_5 = dht_5.readTemperature();
float temperature_6 = dht_6.readTemperature();
float temperature_7 = dht_7.readTemperature();
```

3.3 Підключення датчиків CO₂

З метою економії кількості виводів мікроконтролера було прийнято рішення датчики MNZ підключити до мікроконтролера за допомогою мультиплектора. Принципова схема підключення MNZ до мікроконтролера представлена на рисунку 3.3.


```

digitalWrite(LedPin, LOW);
if (myVal != prevVal) {
  l = tt;
  th = 1 - h;
  prevVal = myVal;
  ppm = 5000 * (th - 2) / (th + tl - 4);
  Serial.println("PPM = " + String(ppm));
}
}
}
}

```

Розрахунок концентрації CO₂ проводиться за наступною формулою

$$C_{ppm} = 2000 \frac{T_H - 2ms}{T_H + T_L - 4ms},$$

де C_{ppm} – розрахункова концентрація CO₂, одиниця – ppm;

T_H – час для високого рівня протягом циклу виведення;

T_L – це час для низького рівня під час вихідного циклу.

Часові діаграми роботи датчика наведено на рисунку 3.4.

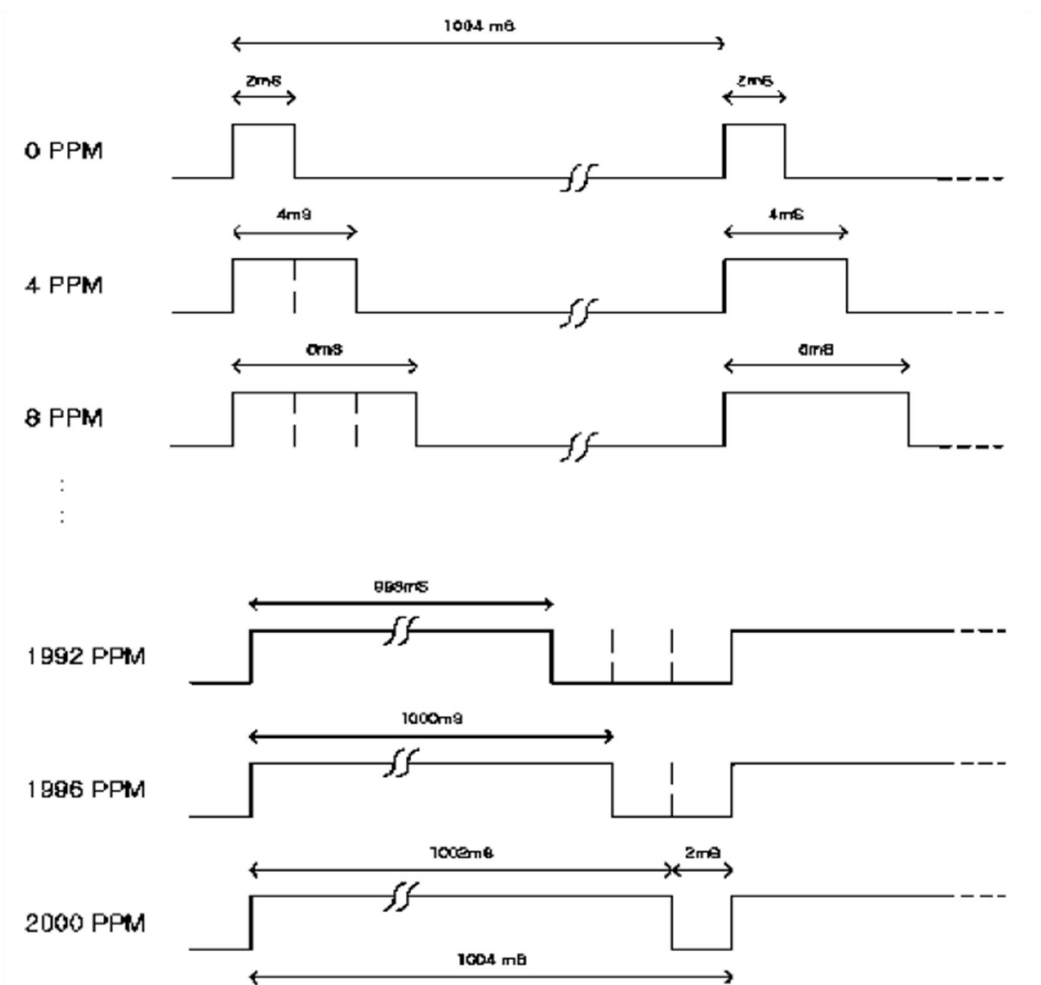


Рисунок 3.4 – Часові діаграми роботи датчика

3.4 Візуалізація роботи пристрою

Візуалізація роботи пристрою в даній роботі реалізована за допомогою триколірних світлодіодів. При нормальній температурі світлодіод повинен світитись синім кольором, при пониженій температурі – зеленим, а при підвищеній – червоним.

Загальний вигляд RGB світлодіода наведено на рисунку 3.5.

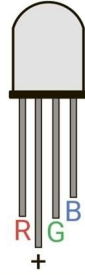


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд RGB світлодіода

Так як RGB-світлодіод є, по суті, трьома світлодіодами в одному корпусі то і підключати їх слід як 3 світлодіоди але із загальним "анодом".

Зважаючи на те, що в схемі задіяно багато світлодіодів (по сім для кожного з параметрів), а для підключення кожного з них, потрібно використовувати три виводи мікроконтролера, в пропонувану схему візуалізації довелося ввести додаткові елементи (рисунок 3.6).

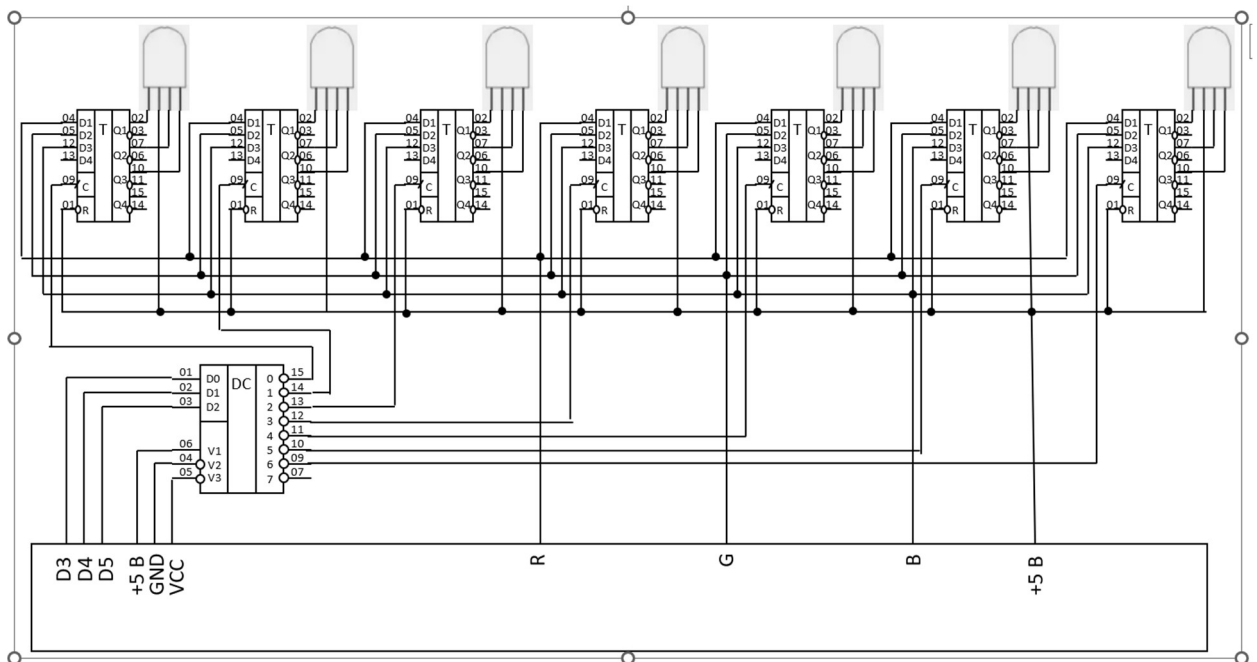


Рисунок 3.6 – Схема візуалізації роботи пристрою

Робота схеми полягає в наступному. Кожен світлодіод підключається до виходів окремого тригера, інформаційні входи яких запаралелені і на них подаються сигнали потрібного кольору з мікроконтролера. Вибір того чи іншого світлодіода забезпечується керуючим дешифратором на керуючі входи якого подається відповідний код з мікроконтролера сигналами D3...D5.

Наприклад, шостий світлодіод повинен засвітитись синім кольором. Для цього мікроконтролер виставляє логічну одиницю на своєму виводі В. Цей сигнал буде присутнім на всіх інформаційних входах тригерів.

На виходах D3...D5 устанавлюється код 110 (шість в двійковому коді). Це буде означати, що на вхід синхронізації шостого тригера буде подано імпульс запису, а отже на вході В шостого світлодіода зявиться низький рівень і світлодіод загориться синім кольором.

Лістинг функції вибору потрібного кольору для одного датчика наведено нище.

```
// Перевірка умов для вибору кольору для першого датчика
if (temperature_1 > 21) {
    // Підвищена температура - червоний колір
    setColor(redPin_1, greenPin_1, bluePin_1, 255, 0, 0); // Червоний
} else if (temperature_1 < 19) {
    // Понижена температура - зелений колір
    setColor(redPin_1, greenPin_1, bluePin_1, 0, 255, 0); // Зелений
} else {
    // Нормальна температура - синій колір
    setColor(redPin_1, greenPin_1, bluePin_1, 0, 0, 255); // Синій
}
```

Аналогічно обробляються і інші датчики.

Повний код застосунку представлено у Додатку А.

Загальний вигляд макетної плати для однієї кімнати наведено на рисунку

3.7.

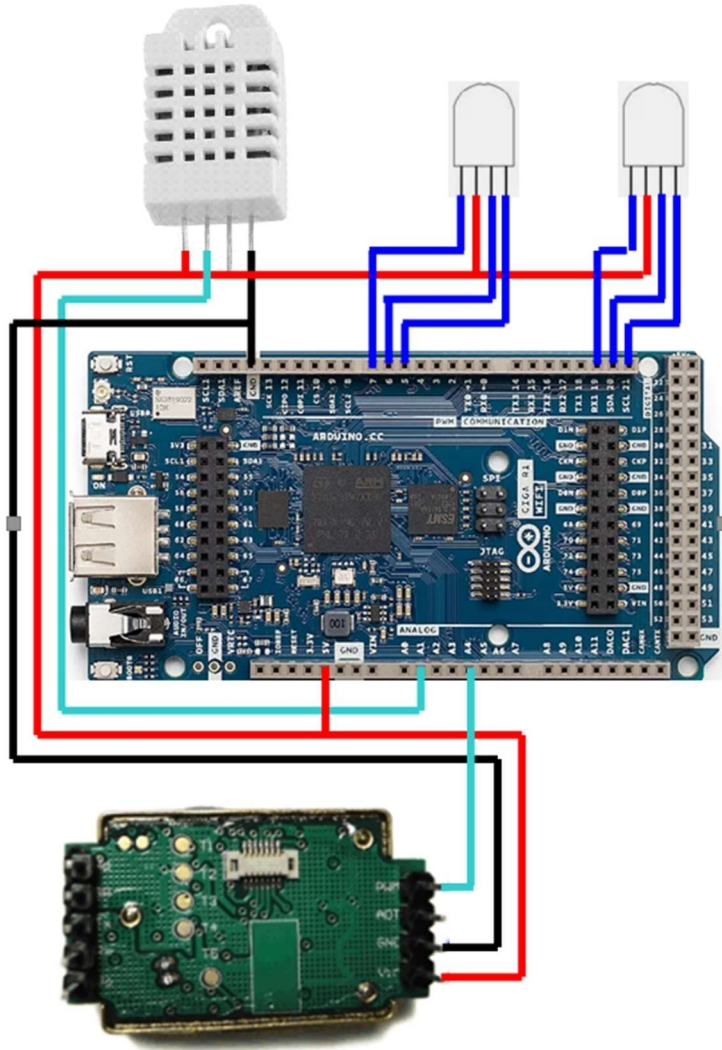


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд макетної плати для однієї кімнати

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра була розробка бюджетної індивідуальної системи клімат-контролю для приватного будинку. В роботу було включено три розділи.

В першому розділі роботи було проведено аналіз предметної області. Наведені переваги та недоліки різних типів систем клімат-контролю.

Другий розділ присвячено вибору та встановленню обладнання та обрані датчики вуглекислого газу, вологості та температури.

В третьому розділі проведена програмно-апаратна розробка пристрою. Було обрано мікроконтролер, наведені схеми підключення датчиків та візуалізація роботи пристрою.

Отже, всі поставлені задачі виконано в повному обсязі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Клімат контроль для будинку та квартири. URL: <https://alterair.ua/ventilyatsiya/microclimat-v-dome-i-kvartire/>. (дата звернення 7.05.2024)
2. Що таке клімат контроль? Принцип роботи. Різниця між кондиціонером і клімат-контролем. URL: <https://avtobloknot.com.ua/shcho-take-klimat-kontrol-pryntsyp-roboty-riznytsia-mizh-kondytsionerom-i-klimat-kontrolem/>. (дата звернення 7.05.2024)
3. Розумний клімат контроль для дому та офісу. Розробка та встановлення. URL: (<https://dardali.com/uk/poslugi-ta-rishennya/rishennya-dlya-domu/klimat-kontrol>). (дата звернення 7.05.2024)
4. Дослідження параметрів сучасної системи клімат-контролю в офісних приміщеннях. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/dec/32824/vsezdoi-ksm-23-127-138.pdf>. (дата звернення 10.05.2024)
5. Клімат контроль: що це, які переваги і недоліки? URL: https://buduemo.com/ua/news/smart_systems/klimat-kontrol-scho-ce-jaki-perevagi-i-nedoliki.html. (дата звернення 10.05.2024)
6. ДСНЗ.3.6.042-99 «Санітарні норми в окремих приміщеннях» URL: <https://iceoom.com.ua/blog/komfortnaya-temperatura-v-kvartire/>. (дата звернення 10.05.2024)
7. Вологість повітря і норми. URL: <https://osushiteli.ua/uk/article/vologist-povitrya-v-prymishchenni-normy-ta-yak-shvydko-pozbutysya-vid-vologosti>. (дата звернення 15.05.2024)
8. CO₂: допустимі значення у повітрі URL: [.https://aerostar.ua/ua/news/novosti/co2-u-primischennjah-na-scho-vplivae-dioksid-vuglecju-u-povitri-ta-jak-zmenshiti-jogo-riven.html](https://aerostar.ua/ua/news/novosti/co2-u-primischennjah-na-scho-vplivae-dioksid-vuglecju-u-povitri-ta-jak-zmenshiti-jogo-riven.html). (дата звернення 15.05.2024)
9. K30-FR – высокопроизводительный модуль датчика CO₂. URL: https://senseair.com/product/k30-fr/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_Zx7QpZR97jFt3UaHUwrmrhWI9JbRNvqrhl6acVUGx-

YPgFZvqVLA-LxoC9yMQAvD_BwE. (дата звернення: 20.05.2024).

10. 005-0-0001 Senseair LP8 10,000ppm CO2 Sensor. URL: <https://www.co2meter.com/products/lp8-miniature-co2-sensor> (дата звернення: 20.05.2024).

11. Модуль датчика углекислого газа (CO2) серии SCD30. URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/scd30_171519.html (дата звернення: 20.05.2024).

12. Датчик углекислого газа CO2 MH-Z19B модуль. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-co2>. (дата звернення: 20.05.2024).

13. Датчик контролю температури, вологості і атмосферного тиску для розумного будинку Aqara Temperature and Humidity Sensor (WSDCGQ11LM, AS008CNW01). URL: <https://hotline.ua/ua/dom-datchikipoint-izveschateli/aqara-temperature-and-humidity-sensor-wsdcgq11lm/?tab=about>. (дата звернення: 20.05.2024).

14. K30-FR – высокопроизводительный модуль датчика CO₂. URL: https://senseair.com/product/k30-fr/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_Zx7QpZR97jFt3UaHUwrmrhWI9JbRNvqrhl6acVUGx-YPgFZvqVLA-LxoC9yMQAvD_BwE. (дата звернення: 16.03.2024).

15. 005-0-0001 Senseair LP8 10,000ppm CO2 Sensor. URL: <https://www.co2meter.com/products/lp8-miniature-co2-sensor> (дата звернення: 16.03.2024).

16. Модуль датчика углекислого газа (CO2) серии SCD30. URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/scd30_171519.html (дата звернення: 16.03.2024).

17. Датчик углекислого газа CO2 MH-Z19B модуль. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-co2>. (дата звернення: 16.03.2024).

18. Датчик контролю температури, вологості і атмосферного тиску для розумного будинку Aqara Temperature and Humidity Sensor (WSDCGQ11LM, AS008CNW01). URL: <https://hotline.ua/ua/dom-datchikipoint-izveschateli/aqara->

temperature-and-humidity-sensor-wsdcgq11lm/?tab=about. (дата звернення: 16.03.2024).

19. Датчик движения, температуры, влажности, освещенности и вибрации Aeotec Multisensor 6 - AEOEZW100. URL: <https://homehub.com.ua/datchiki-dvizheniya-i-prisutstviya/aeotec-multisensor-6-aeoezw100.html>. (дата звернення: 16.03.2024).

20. ZOOZ – Датчик Z-Wave Plus 700 серии 4-в-1 ZSE40. URL: <https://shop.smarthome-europe.com/en/peripheriques/5240-zooz-z-wave-plus-700-series-4-in-1-sensor-zse40-853478006407.html>. (дата звернення: 16.03.2024).

21. DHT22 подключение к Arduino URL: <https://geekelectronics.org/arduino/dht22-podklyuchenie-k-arduino.html> (дата звернення: 16.03.2024).

22. Воздухоочиститель LG PuriCare 360-Degree Single Air Purifier with Clean Booster, ThinQ Wi-Fi Y46K - 305497203873 - (США). URL: <https://megazakaz.com/ebay/product/305497203873>. (дата звернення: 16.03.2024).

23. Очиститель воздуха Dyson Pure Hot Cool. URL: <https://www.dyson.com.ua/fansheaters/purifier/pure-hot-cool/pure-hot-cool-white-silver.aspx>. (дата звернення: 16.03.2024).

24. Honeywell Professional Series True HEPA Air Purifier, Airborne Allergen Reducer for Large Rooms (325 sq ft), Black - Wildfire/Smoke, Pollen, Pet Dander, and Dust Air Purifier, HPA600B. URL: <https://www.amazon.com/Honeywell-HPA600B-Professional-True-Purifier/dp/B077ZKDR7Y>. (дата звернення: 16.03.2024).

25. Coway Airmega 400S Smart HEPA Air Purifier. URL: <https://www.sylvane.com/coway-airmega-400s-smart-air-purifier.html>. (дата звернення: 16.03.2024).

26. Колонка Google Nest Hub Max. URL: <https://novarich.in.ua/ua/p1038795154-kolonka-google-nest.html>. (дата звернення: 16.03.2024).

27. Now Available: Hubitat Elevation Model C-8 Pro Home Automation Hub
URL: <https://www.amazon.com/Hubitat-Elevation-Automation-C-8-Compatible/dp/B0BSNZVDJ2>. (дата звернення: 16.03.2024).