

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні  
на основі CO<sub>2</sub>-датчиків  
Назва теми

КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

Назва

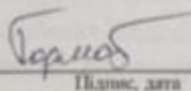
Виконав: студент IV курсу, група K12-21-1

  
Підпис

Орест БАБІЙЧУК

Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Андрій ГАРМАТЮК

Ініціали, прізвище

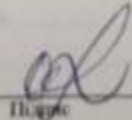
Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Тетяна КИСЛІВ

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище

«16» червня 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
Освітній рівень БАКАЛАВР  
Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ  
Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

" 10 " 01 2025 р.

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Оресту БАБІЙЧУКУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проєкту (роботи) Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO<sub>2</sub>-датчиків

Керівник проєкту (роботи) Андрій ГАРМАТЮК, асистент.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження предметної області та постановка задачі

Моделювання та проєктування інтелектуальної системи управління вентиляцією

Апаратна реалізація інтелектуальної системи управління вентиляцією

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Схема живлення системи

Схема електрична функціональна

Блок-схема програмної логіки

6. Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КІС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КІС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапів проєкту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – моделювання та проєктування інтелектуальної системи управління вентиляцією	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – апаратна реалізація Інтелектуальної системи управління вентиляцією	30.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	02.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Орест БАБІЙЧУК  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Андрій ГАРМАТЮК  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO<sub>2</sub>-датчиків».

Автор роботи: Бабійчук Орест Олегович.

Керівник роботи: Гарматюк Андрій Вікторович.

Пояснювальна записка: 57 с., 20 рис., 5 дод., 20 джерел.

Графічна частина: 7 презентаційних слайдів.

Метою роботи є створення інтелектуальної системи управління вентиляцією.

Об'єктом дослідження є система управління вентиляцією.

Предметом дослідження є формалізований опис та схеми інтелектуальної системи управління вентиляцією.

Практичне значення: має змодельовану, спроектовану та реалізовану систему управління вентиляцією.

  
Підпис студента

30.05.2025

Дата

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ</b> .....	9
1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем та завдань .....	9
1.2 Порівняльна характеристика найпоширеніших систем вентиляції у побуті .....	15
1.3 Підходи до вирішення задачі за темою дослідження .....	18
1.4 Постановка задачі.....	19
1.5 Висновки до першого розділу .....	20
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ</b> .....	21
2.1 Загальні принципи побудови системи.....	21
2.2 Архітектура та структура апаратної частини.....	23
2.3 Структура програмного коду.....	31
2.4 Вибір алгоритмів управління.....	32
2.5 Взаємодія компонентів та структура.....	33
2.6 Алгоритм взаємодії компонентів.....	34
2.7 Поділ системи на модулі.....	35
2.8 Методи комп'ютерної інженерії, застосовані у проєкті.....	36
2.9 Висновки до другого розділу.....	37
<b>3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ</b> .....	38
3.1 Опис реалізації модулів апаратного та програмного забезпечення програмно-технічного засобу .....	38
3.1.1 Загальний опис ролі апаратної частини в реалізації системи .....	38
3.1.2 Вибір апаратної платформи. Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	39
3.1.3 Вибір та характеристики CO <sub>2</sub> -сенсора та датчика середовища .....	40
3.1.4 Вибір виконавчих елементів (вентилятори, драйвери) .....	41

				КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуші
Виконав		Дмитр БАМІРІУК			у	68
Перевір.		Тетяна КИСІЛЬ			6	68
Н.контр.		Олена ПАВЛОВА			ХНУ КІ2-21-1	
Датсьер.						

Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO<sub>2</sub>-датчиків.  
Пояснювальна записка



## ВСТУП

У наш час, коли людство бореться зі змінами клімату та за підвищення енергоефективності, коли зростають вимоги до якості повітря, особливої уваги набувають системи інтелектуального управління вентиляціями. Якщо вентиляція працює недостатньо ефективно, то у приміщенні швидко накопичується вуглекислий газ, а це, у свою чергу, погіршує самопочуття, продуктивність, підвищує рівень втоми, а у деяких випадках становить загрозу здоров'ю людини.

В умовах пандемії COVID-19 та запровадження воєнного стану в Україні, коли одним із надважливих умов безпеки в закритому просторі стала ефективність вентиляції, значно зросла актуальність даної теми. Сучасні стандарти будівництва та концепція «розумний дім» передбачають встановлення адаптивних систем мікроклімату з функцією аналізу повітря в реальному часі.

Сьогодні існує автоматизоване керування вентиляцією різних рівнів: від промислових дороговартісних систем HVAC до модулів для побутового використання. Такі системи базуються на показниках температури або вологості, але це не завжди дозволяє вчасно виявити погіршення якості повітря. А контроль рівня вуглекислого газу є прямим індикатором ефективності вентиляції, особливо у закритих і переповнених приміщеннях.

Дана робота має на меті створення недорогої, енергоефективної, функціональної, автоматизованої системи вентиляції, основою якої є мікроконтролер Arduino та сенсори контролю вуглекислого газу. Система підтримує ручне та автоматичне керування, визначає стан середовища за допомогою світлодіодів, дисплея і має функцію звукового сповіщення про небезпечний рівень газу.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ

## 1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем та завдань

Завдяки технологічній еволюції домовласники дистанційно та інтелектуально керують різними технічними системами своїх будинків, створюють місця, що легко пристосовуються до їхнього способу життя, вимог і вподобань.

Освітлення з голосовим керуванням, клімат контроль, система безпеки та інші функції «розумного дому» забезпечують зручність та ефективність. Все частіше інтелектуальне керування інтегрується у різні вентиляційні рішення та має багато переваг. Це приносить не лише зручність користувачам, а й зменшує витрати на електроенергію та підвищує ефективність повітрообміну.

Питання забезпечення якісного повітрообміну у сучасних енергоефективних будівлях є ключовим як для комфорту мешканців, так і для їх здоров'я. Вентиляція напрочуд важлива для створення здорових умов життя, тому що вона видаляє шкідливі забруднювачі, алергени та зайву вологу, забезпечує свіже повітря для дихання людини. Контроль вмісту вуглекислого газу займає особливе місце, бо він є одним із головних індикаторів якості повітря у приміщенні. Підвищений рівень вуглекислого газу (понад 1000 ppm) викликає відчуття задухи, сонливість, запаморочення, знижує розумову діяльність, а саме: зменшується швидкість реакції, концентрація, якість прийняття рішень, особливо в офісах та навчальних закладах. Тому впровадження новітніх технологій у системи вентиляції є логічним рішенням, що змінює інженерну систему на краще.

Традиційні вентиляційні системи мають фіксовані налаштування чи ручне керування, тому вони не здатні ефективно реагувати на зміну рівня вуглекислого газу, а це призводить до надмірного споживання електроенергії, концентрації газів та високих експлуатаційних витрат.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Рисунок 1.2 – Система вентиляції в будинку

Припливно-витяжні вентиляційні установки є найефективнішим рішенням для підтримання стабільного рівня вуглекислого газу, оскільки дозволяють регулярно подавати свіже повітря ззовні та виводити забруднене, без порушення теплового балансу. Рівень вуглекислого газу у приміщенні може утримуватися на рівні нижче 800 ppm навіть у присутності людей (рисунок 1.3), у статті [10].

Якщо у приміщенні підвищується рівень вуглекислого газу через велику кількість людей, датчик CO<sub>2</sub> передає сигнал контролеру. Контролер збільшує швидкість припливно-витяжної установки для підвищення повітрообміну. Після того як рівень вуглекислого газу нормалізується, система повертається до стандартного режиму роботи.



Такі пристрої підходять для вентиляції у квартирах, будинках або невеликих комерційних приміщеннях. Під'єднуються через мережу Wi-Fi до смартфонів або ПК та налаштовуються користувачем. Можуть мати датчики вуглекислого газу, датчик вологості, датчик якості повітря та працювати за їх показами. У приміщенні із середнім навантаженням (1-2 особи) вони здатні утримувати рівень CO<sub>2</sub> на прийнятному рівні (приблизно 800–1000 ppm). Водночас, у більших чи інтенсивно використовуваних приміщеннях ефективність значно знижується, і рівень CO<sub>2</sub> може перевищувати гігієнічні норми (рисунок 1.5), у роботі [17].



Рисунок 1.5 – Принцип роботи побутових рекуператорів

Витяжні вентилятори для вентиляції туалету, кухні або ванної кімнати встановлюються у звичайну витяжку приміщення. Вони призначені здійснюють лише витяжку повітря без організованого припливу, що призводить до нерівномірного повітрообміну (рисунок 1.6), у статті [11].



Рисунок 1.6 – Витяжні вентилятори у кухні та ванній кімнаті

У закритих приміщеннях без додаткового припливного повітря витяжні вентилятори не забезпечують належного зниження рівня CO<sub>2</sub>, що робить їх малоефективними з точки зору контролю якості повітря. Зокрема, рівень вуглекислого газу може досягати критичних значень, понад 1500 ppm при відсутності провітрювання (рисунок 1.7), у статті [7].



Рисунок 1.7 – Елементи витяжного вентилятора

Ними керують та налаштовують за допомогою застосунку на мобільному пристрої. Такі вентилятори можуть бути оснащені датчиками вологості, руху, освітлення, якості повітря, таймерами і так далі.

## 1.2 Порівняльна характеристика найпоширеніших систем вентиляції у побуті

Припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла можуть забезпечити збалансований повітрообмін за допомогою організованої подачі та видалення повітря, а також знизити тепловитрати завдяки використанню рекуператорів. Це дає можливість утилізувати тепло витяжного повітря та підтримувати параметри внутрішнього середовища у стабільному стані (температура, вологість, тощо). Існує можливість інтегрування їх у системи автоматичного керування мікрокліматом.

Але початкова вартість обладнання та монтажу є високою, також необхідно виділяти місця для монтажу повітропроводів та обладнання. Обов'язковим є регулярне технічне обслуговування (очищення теплообмінника, заміна фільтрів). Одним з недоліків можна назвати підвищений рівень шуму при відсутності достатньої шумоізоляції.

Побутові рекуператори встановлюються просто, не мають потреби в мережі повітропроводів. Вони частково зберігають тепло за рахунок рекуперації та можуть працювати автономно в окремих приміщеннях. Порівняно з централізованими системами їх вартість є доступною. Одним із недоліків можна назвати обмежену ефективність у великих або багатолюдних приміщеннях та циклічний режим роботи, що може впливати на комфорт користувачів. Також їх потрібно налаштовувати вручну, або контролювати ззовні, залежно від умов експлуатації. Бюджетні моделі мають низький рівень шумопоглинання.

Витяжні вентилятори вимагають низьких витрат на придбання та встановлення, вони прості в експлуатації та обслуговуванні. Вони ефективно

					КВРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

видаляють повітря у зонах з підвищеною вологістю (ванні кімнати, кухні). Також мають можливість автоматизації за допомогою датчиків або таймерів.

Але під час їх роботи відсутній організований приплив повітря, відбувається повна втрата теплого повітря, що знижує енергоефективність. Без додаткових припливних пристроїв рівень вентиляції у житлових приміщеннях є недостатнім, а вплив на мікроклімат обмежений лише окремими зонами.

Отже, доцільним є використання припливно-витяжних систем з рекуперацією тепла у випадках, коли необхідне повноцінне керування мікрокліматом у всьому приміщенні. Побутові рекуператори можуть бути рекомендовані як компромісне рішення в умовах обмеженого простору або бюджету. Звичайні витяжні вентилятори доцільно застосовувати в технічних приміщеннях або як допоміжний елемент у складі комбінованих систем.

На відміну від традиційних вентиляційних рішень, сучасні системи з інтелектуальним керуванням демонструють суттєві переваги за рядом експлуатаційних та енергоефективних показників.

Системи інтелектуальної вентиляції здійснюють безперервний контроль параметрів повітря в приміщенні (зокрема вміст CO<sub>2</sub>, вологість, леткі органічні сполуки), що дає змогу автоматично адаптувати інтенсивність вентиляції відповідно до поточних умов. За наявності підвищеного рівня забруднення система самостійно підвищує продуктивність, а після стабілізації параметрів – переходить у режим енергозбереження. Такий алгоритм сприяє раціональному використанню електроенергії, зменшує навантаження на системи опалення або кондиціонування, продовжує строк служби самої вентиляційної установки.

Додатково підтримується інтеграція з голосовими сервісами керування (наприклад Alexa, Google Assistant), що підвищує зручність експлуатації.

Більшість сучасних моделей оснащено фільтрами для очищення припливного повітря від пилу, алергенів та інших забруднень. У ряді випадків передбачена можливість встановлення додаткових високоефективних фільтрів тонкого очищення, здатних затримувати частинки розміром понад 1 мкм. Це особливо

актуально для об'єктів, розташованих у регіонах з високим рівнем забруднення атмосферного повітря.

Завдяки вбудованим рекуператорам тепла сучасні вентиляційні системи здатні зберігати до 90% теплової енергії, яка в іншому разі була б втрачена разом із витяжним повітрям. Це дозволяє суттєво знизити енергоспоживання, зменшити експлуатаційні витрати на опалення та кондиціювання і підвищити загальну енергоефективність будівлі.

Так як однією з функцій «розумного будинку» є «клімат контроль», то підсистема керує обігрівачем, зволожувачем повітря, вентиляцією та кондиціонером. За допомогою термостату, датчиків вологості та температури тощо, створює комфортні параметри для життя, а також забезпечує енергозбереження. Системи вентиляції нового покоління можуть бути повністю інтегровані в комплексну інфраструктуру «розумного будинку», функціонуючи у зв'язці з системами опалення, охолодження, безпеки та освітлення. Такий підхід дозволяє досягти високого рівня автоматизації та узгодженості роботи всіх інженерних систем.

Наприклад, за умови виявлення підвищеної концентрації CO<sub>2</sub> або вологості, вентиляційна система може автоматично взаємодіяти з системами кондиціювання для коригування параметрів мікроклімату. У літній період допускається реалізація нічного провітрювання за рахунок зовнішнього прохолодного повітря, що зменшує навантаження на охолоджувальні системи.

Сучасні вентиляційні системи з інтелектуальним керуванням забезпечують не лише якісний повітрообмін, але й суттєво підвищують комфорт проживання, сприяють енергозбереженню та створюють умови для ефективної роботи інших систем будівлі. Їх застосування є доцільним у контексті переходу до енергоефективного і сталого житла.

### 1.3 Підходи до вирішення задачі за темою дослідження

З метою реалізації інтелектуальної системи управління вентиляцією обрано підхід на основі поєднання програмно-апаратних засобів, здатних забезпечити адаптивне керування мікрокліматом на основі показників вмісту вуглекислого газу у повітрі. Основна ідея полягає у впровадженні системи, яка може автоматично регулювати роботу вентилятора залежно від концентрації вуглекислого газу та забезпечувати енергоефективність, комфорт і безпеку приміщення.

Такі основні підходи було визначено для досягнення поставлених цілей:

- використання сенсорної технології: у системі застосовується цифровий CO<sub>2</sub>-сенсор типу MH-Z19B, що забезпечує високу точність вимірювання концентрації вуглекислого газу в реальному часі. Додатково інтегрується газовий датчик MQ-9 для виявлення потенційно небезпечних газів (наприклад, метану або чадного газу), що підвищує загальний рівень безпеки системи;

- інтелектуальне керування вентиляцією: логіка керування реалізована на мікроконтролері Arduino Uno, який аналізує сигнали з датчиків і приймає рішення про активацію або деактивацію вентилятора на основі заздалегідь визначених порогових значень CO<sub>2</sub> (ввімкнення при >800 ppm, вимкнення при <600 ppm). У систему також закладено алгоритм гістерезису для запобігання частому перемиканню;

- модульне розширення функцій: окрім базового циклу вентиляції, реалізовано підтримку ручного керування за допомогою фізичної кнопки, світлодіодну індикацію рівня вуглекислого газу, а також звукове сповіщення у разі перевищення допустимого рівня газів;

- енергоефективність та безпечне підключення: для живлення вентилятора використовується MOSFET-модуль типу IRF520, що дозволяє ефективно керувати навантаженням постійного струму;

					КьРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

– локальний інтерфейс користувача: вбудований дисплей дає змогу відображати рівень вуглекислого газу та інші діагностичні повідомлення у реальному часі, що спрощує взаємодію з системою та контроль за її роботою.

Дані технічні рішення реалізують надійну, компактну та адаптивну систему автоматизованого управління вентиляцією, яка може інтегруватися в інфраструктуру «розумного будинку» або використовуватися автономно в побутових чи офісних приміщеннях. Такий підхід поєднує ефективність витрат, технологічну доцільність та актуальність у контексті сучасних вимог до якості повітря в закритих просторах.

Щоб створити інтелектуальну систему управління вентиляцією, краще використати мікроконтролер Arduino Uno, а для програмування – мову C++.

#### 1.4 Постановка задачі

Основними завданнями роботи є:

- дослідження процедури функціонування системи вентиляції;
- проведення теоретичного аналізу сфери;
- характеристика структури предметної області та базової моделі;
- опис існуючих механізмів реалізації, виділення наявних проблем, пошук шляхів вирішення;
- визначення основних функцій системи на основі проведених досліджень, формування функціональних та нефункціональних вимог, розробка моделі функцій, які повинна виконувати система;
- підведення підсумків про необхідність розробки системи;
- формування об'єкту та мети наступних досліджень;
- оцінка ступеня виконання поставлених завдань.

На основі цього потрібно розробити працездатну інтелектуальну систему управління вентиляцією в приміщенні на основі датчиків вуглекислого газу та зробити висновки.

## 1.5 Висновки до першого розділу

У першому розділі було визначено актуальність розробки інтелектуальної системи управління вентиляцією з урахуванням сучасних викликів. Проаналізувавши сучасні підходи до контролю мікроклімату, основним показником якості повітря взято сенсор для визначення рівня вуглекислого газу.

У даному розділі розглянуто системи автоматичного керування вентиляцією, що базуються на контролі вологості і температури, який не дозволяє повністю виявити ступінь забрудненості чи погіршення якості повітря. Традиційні вентиляційні системи, що працюють за фіксованими графіками або ручним керуванням, часто не дають можливості забезпечити належну якість повітря в приміщеннях та є енергозатратними.

CO<sub>2</sub>-сенсори є більш надійними способами перевірки якості повітря в закритих приміщеннях. Значну увагу приділено співвідношенню вентиляційної системи з концепцією «розумний дім», визначено вимоги до функціональності даної системи, враховуючи можливості для автоматичного і ручного керування, енергоефективності, модульності та безпечного підключення.

Тобто вищезазначені проблеми створюють передумови для розробки інтелектуальної системи управління вентиляцією, що буде забезпечувати автоматичне регулювання повітрообміну на основі актуальних показників якості повітря. Після ретельного аналізу було визначено мету та завдання дипломної роботи, включаючи розробку архітектури системи, вибір та реалізацію алгоритмів прийняття рішень, встановлено доцільність створення системи, що поєднує апаратні та програмні компоненти для ефективного управління на основі даних про вміст CO<sub>2</sub>.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

### 2.1 Загальні принципи побудови системи

Для забезпечення якісного мікроклімату у приміщенні шляхом автоматичного регулювання вентиляційних пристроїв відповідно до змін у складі повітря, зокрема вмісту вуглекислого газу, проєктується інтелектуальна система управління вентиляцією. Системи такого типу особливо актуальні для приміщень з постійним або періодичним перебуванням людей – офісів, житлових кімнат, навчальних закладів, конференц-залів, де рівень вуглекислого газу може швидко перевищити допустиму норму.

Для того щоб спроектувати інтелектуальну систему управління вентиляцією, за основу потрібно взяти принципи надійності, модульності та інтеграції сенсорних даних для прийняття рішень. Програмно-технічний засіб має зчитувати рівень вуглекислого газу у повітрі, обробляти дані сенсорів та приймати рішення в режимі реального часу, забезпечити взаємодію сенсорних, керуючих і виконавчих елементів, автоматичний та ручний режими керування вентиляцією, виводити інформацію про стан повітряного середовища на дисплей, реалізувати зрозумілий користувачу інтерфейс, відобразити дані у зручному форматі, повідомляти про аварійні ситуації засобами звукової та світлової сигналізації та забезпечувати стабільну роботу усіх компонентів у довготривалому автономному режимі.

Система повинна надавати можливість підключення додаткових сенсорів, зміни логіки керування. Умови експлуатації – типове приміщення, об'ємом 20-30 квадратних метрів, у якому можуть перебувати 20-30 осіб.

Також існують певні обмеження, які потрібно врахувати під час розробки системи, – обмежений бюджет на електронні компоненти, простота експлуатації та обслуговування, енергоспоживання та зручність калібрування датчиків.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання перелічених функціональних вимог було обрано архітектуру вбудованої системи з використанням мікроконтролера Arduino Uno R3 як центрального керуючого елемента. Інші компоненти системи забезпечують збір, передавання, обробку даних, керування виконавчими механізмами і взаємодію з користувачем. Алгоритмічна обробка значень сенсорів, реалізація логіки прийняття рішень на основі порогів, гістерезису та можливість функції перемикання режимів роботи користувачем забезпечують інтелектуальність системи, що повинна працювати автономно, реагувати в режимі реального часу та з мінімальним втручанням ззовні.

Функціональна структура системи управління вентиляцією демонструє інформаційні зв'язки між основними модулями: сенсорами, контролером, виконавчими пристроями та інтерфейсом користувача (рисунок 2.1)

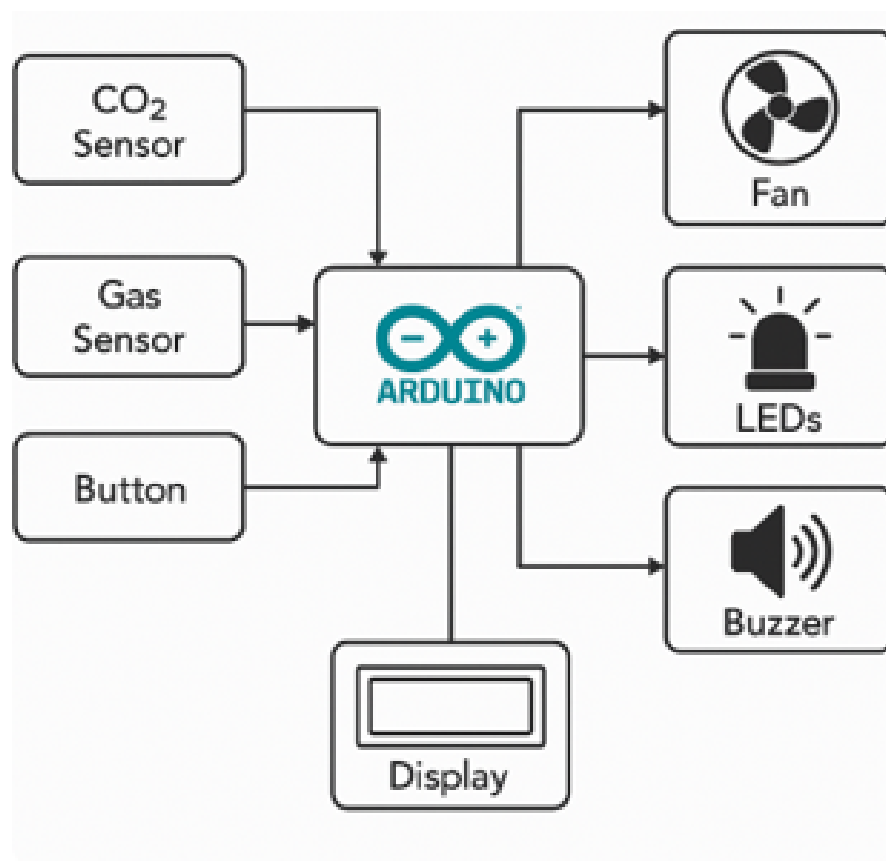


Рисунок 2.1 – Функціональна структура системи управління вентиляцією

Ефективна інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні має реагувати на зміну концентрації та виявляти небезпечні гази, попереджувати користувача у разі небезпечного рівня їх концентрації, забезпечувати відповідне керування пристроями (вентиляторами, світловими та звуковими сигналізаторами) та автоматичне регулювання рівня вуглекислого газу та вентиляції.

## 2.2 Архітектура та структура апаратної частини

Щоб реалізувати дану систему управління вентиляцією було обрано набір компонентів, кожен з яких виконує чітко визначену функцію:

а) контролер Arduino Uno R3 – популярна платформа на основі мікроконтролера ATmega328P, яка є відкритою апаратною платформою з великим програмним і апаратним супроводом. Вона має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, працює на частоті 16 МГц і підтримує живлення від 5В. Це – головний мозок системи, який виконує функцію обробки даних із сенсорів, обчислення, прийняття рішень, керування виконавчими пристроями та взаємодіє з користувачем (рисунок 2.2);



Рисунок 2.2 – Контролер Arduino Uno R3

б) система вентиляції:

1) вентилятор SUNON KD1212PTB1 (рисунок 2.3) – осьовий вентилятор 120 мм, що працює від постійної напруги 12В, забезпечує потужну вентиляцію повітря в приміщенні, забираючи надлишковий вуглекислий газ, управління живленням вентилятора здійснюється через MOSFET-модуль;



Рисунок 2.3 – Вентилятор SUNON KD1212PTB1

2) транзисторний модуль, що дозволяє мікроконтролеру управляти високопотужними пристроями з низьковольтного сигналу підключення якого здійснюється до цифрового входу Arduino Uno, він керує швидкістю вентилятора через PWM (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – MOSFET-модуль

в) живлення:

1) модуль стабілізації напруги MP1584 – понижуючий перетворювач, який приймає 12В і видає стабілізовані 5В для живлення Arduino Uno та інших компонентів – сенсорів, світлодіодів, дисплею (рисунок 2.5), він забезпечує енергоефективність і захист від перенапруг;



Рисунок 2.5 – Модуль стабілізації напруги MP1584

2) 12В адаптер – джерело живлення, що подає напругу на систему, підключається до мережі 220В і подає стабільні 12В, необхідні для роботи (рисунок 2.6), він забезпечує живлення і для вентилятора, і для модуля MP1584.



Рисунок 2.6 – 12В адаптер

г) сенсори для моніторингу якості повітря:

1) МН-Z19В цифровий CO<sub>2</sub>-сенсор (рисунок 2.7), що забезпечує точне вимірювання концентрації вуглекислого газу в діапазоні вимірювання 0–40000 ppm, з точністю до 30 ppm + 3% вимірюваного значення, додатково вимірює температуру і вологість, рівень вуглекислого газу та температуру повітря (I2C);



Рисунок 2.7 – МН-Z19В цифровий CO<sub>2</sub>-сенсор

2) MQ-9 аналоговий сенсор, здатний виявляти присутність вуглецю CO<sub>2</sub> (10 - 1000 ppm), метану CH<sub>4</sub>, пропану LPG (100-10000 ppm) у повітрі, працює на основі зміни опору напівпровідника в присутності газу (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – MQ-9 аналоговий сенсор

д) інтерфейс користувача;

1) LCD1602 дисплей з I2C-модулем – текстовий дисплей, що відображає в реальному часі рівень вуглекислого газу, вологість, статус роботи вентиляції, його досить просто під'єднати, бо використовуються лише два дроти, а саме: SDA (дані) та SCL (годинниковий сигнал), Arduino підтримує бібліотеки для LCD через I2C (рисунок 2.9);

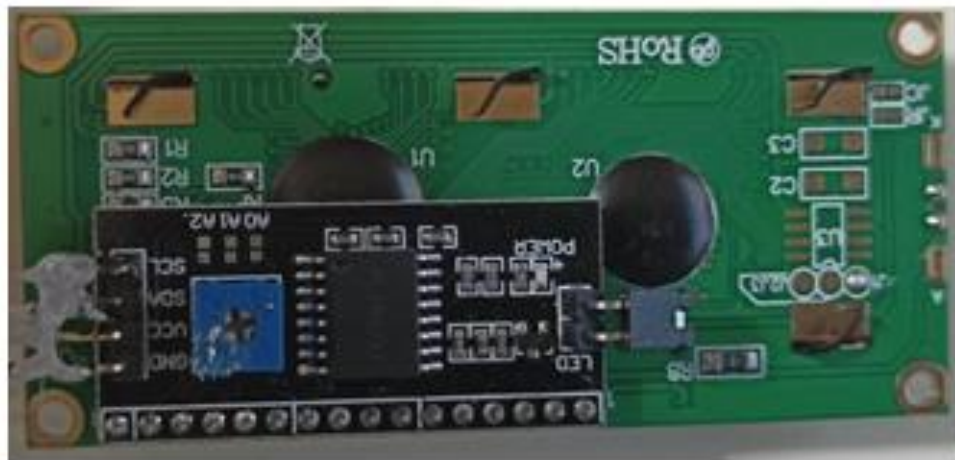


Рисунок 2.9 – LCD1602 дисплей

2) кнопка (тактовий перемикач + резистор 10кОм) – забезпечує ручне втручання у роботу системи, активацію\деактивацію вентиляції, скидання тривоги (рисунок 2.10);



Рисунок 2.10 – Кнопка

3) світлодіоди (зелений + жовтий + червоний) – індикатори рівня якості повітря, рівня CO<sub>2</sub> та аварійного стану, зелений сигналізує про нормальний стан, жовтий – допустиме перевищення, червоний – критичне перевищення (рисунок 2.11) [21];



Рисунок 2.11 – Світлодіоди

3) резистори 220–330 Ом використовуються для обмеження струму через світлодіоди, забезпечуючи їх довготривалу роботу, підключаються послідовно зі світлодіодами (рисунок 2.12);



Рисунок 2.12 – Резистори

4) біпер (активний або пасивний) – використовується як звуковий індикатор тривоги, активується у разі перевищення допустимих показників вуглекислого газу, або виявлення горючих газів (рисунок 2.13).



Рисунок – 2.13 Біпер

Структурно система має такі рівні: сенсорний рівень збору та обробки даних, рівень керування – прийняття рішень та виконавча частина – реагування. Через аналогові та цифрові входи\виходи контролера між ними відбувається взаємодія.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікроконтролер Arduino Uno R3 координує роботу всіх модулів і є центральним вузлом системи. Сенсори постійно фіксують стан повітря, рівень вуглекислого та інших газів та передають дані на Arduino Uno – MH-Z19B (по шині) та MQ-9 (через аналоговий вхід). Мікроконтролер обробляє сигнали і порівнює їх з граничними порогоми. Якщо поріг перевищено, то вмикаються відповідні виконавчі пристрої, вентилятор через MOSFET-модуль IRF520, світлодіоди, що вказують на стан, біпер, який дає тривожний сигнал.

Статус виводиться на LCD1602 дисплей, кнопка забезпечує ручне керування вентиляцією та скидання сигналізації. Живлення від мережі 220В відбувається через адаптер 12В. Вентилятор живиться від напруги 12В. Модуль стабілізації напруги MP1584 перетворює 12В у 5В для живлення Arduino та інших компонентів.

Основні зв'язки можна зобразити так:

MH-Z19B	⇒	Arduino Uno,
MQ-9	⇒	Arduino Uno,
LCD1602	↔	Arduino Uno,
світлодіоди, біпер, кнопка	↔	Arduino Uno,
MOSFET-модуль IRF520	↔	вентилятор та Arduino Uno,
MP1584	⇒	живлення Arduino Uno.

Така архітектура дозволяє забезпечити автоматичний, напівавтоматичний та аварійний режими керування. Апаратна структура забезпечує гнучкість у масштабуванні та вдосконаленні системи завдяки модульному принципу побудови. Не змінюючи загальну архітектуру, можна змінювати чи модернізувати окремі компоненти.

Із загальною схемою підключення всіх компонентів можна ознайомитися у додатку Д. Повна електрична схема з'єднання всіх компонентів на основі Arduino Uno надана у додатку Б.

### 2.3 Структура програмного коду

Програмний код, що є одним із основних етапів у розробці інтелектуальної системи управління вентиляцією, реалізує взаємодію між апаратними компонентами системи та логікою прийняття рішень. Код розроблений для мікроконтролера Arduino Uno, сенсорів (MH-Z19B для вимірювання рівня вуглекислого газу та MQ-9 для виявлення газів), пристроїв (вентилятор, біпер, світлодіоди), елементів керування (кнопки, дисплей).

Застосовано алгоритм з гістерезисом для контролю рівня вуглекислого газу з функцією ручного керування. Можна виділити кілька логічних блоків у кодї:

- початкове налаштування сенсорів (MH-Z19B, MQ-9) і периферійних пристроїв, підключення I2C-дисплея, конфігурація пінів Arduino;
- основний цикл (loop), постійне зчитування та обробка даних із сенсорів;
- прийняття рішень на основі отриманих даних, із врахуванням порогових рівнів CO<sub>2</sub>;
- обчислення рівня вентиляції відповідно до рівня CO<sub>2</sub>, вивід даних на дисплей та індикація LED;
- управління вентилятором за допомогою PWM через MOSFET- модуль;
- обробка кнопки режиму (ручний/автоматичний) та збереження стану;
- впровадження користувацького інтерфейсу (режим, індикація, звук);
- обробка подій та відображення даних на LCD, оновлення інформації про рівень вуглекислого газу, статус вентиляції та аварійні повідомлення.

Можна виділити кілька етапів роботи системи, такі як стартова ініціалізація, безперервне зчитування даних, логічний аналіз показників, оновлення стану присторів, перевірка стану кнопки, відображення інформації. Завдяки введенню гістерезису при порівнянні значень із пороговими межами створено захист від помилкових увімкнень системи.

Взаємодія програмного забезпечення та апаратних модулів, об'єднаних на базі мікроконтролера Arduino Uno, забезпечує функціонування інтелектуальної

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи управління вентиляцією та виконує відповідні завдання: зчитує дані з сенсорів, обробляє отримані дані, керує вентиляторами, працює з індикацією, реалізує логіку ручного чи автоматичного режимів та передає аварійне сповіщення за допомогою біпера.

Для реалізації завдань роботи написано відповідний код, що поданий у додатку Г. У додатку В наведено блок-схему, що відображає основні логічні етапи взаємодії компонентів.

#### 2.4 Вибір алгоритмів управління

Для автоматичного регулювання стану повітря у приміщенні доцільно запровадити програмну логіку, для реалізації якої використовуються наступні типи алгоритмів. Найпростішим та найнадійнішим підходом для мікроконтролерних систем є пороговий алгоритм. Встановлені фіксовані порогові значення слугують критерієм для увімкнення\вимкнення вентиляції. Для уникнення частого увімкнення\вимкнення застосовують гістерезис – діапазон без дії.

Не менш важливою частиною логіки коду є алгоритм реагування на присутність шкідливих газів. Дані із сенсора MQ-9 використовуються для грубої оцінки концентрації метану чи чадного газу, коли біпер та червоний світлодіод вмикаються незалежно від рівня концентрації.

Також використовується система сигналізації з трьома кольорами, де зелений – норма, жовтий – допустимо, червоний – активізація вентиляції.

Можливо перейти на ручне керування. За допомогою кнопки користувач може активувати чи зупинити вентиляцію, скинути сигнал тривоги після перевірки приміщення. Завдяки цим алгоритмам система легко адаптується до змін, вимог чи параметрів середовища.

## 2.5 Взаємодія компонентів та структура

Функціонування інтелектуальної системи управління вентиляцією ґрунтується на взаємодії її апаратних складових, які об'єднуються в одну логічну структуру. Кожен її елемент виконує певну функцію, а їх координація забезпечується центральним мікроконтролером Arduino Uno R3. Розглянемо детальну структуру системи, логіку взаємодії елементів і загальну архітектуру роботи.

Систему можна умовно поділити на три блоки. До блоку збору даних входить сенсор MH-Z19B, який зчитує рівень вуглекислого газу, вологість та температуру та сенсор MQ-9, що передає інформацію про наявність чадного газу чи метану. Сенсори надсилають дані до Arduino Uno: MH-Z19B – через I2C, MQ-9 – через аналоговий вхід.

У блоці обробки даних контролер приймає дані із сенсорів, обробляє їх, порівнює з пороговими даними і приймає рішення щодо керування вентиляцією та сигналізацією. Якщо рівень вуглекислого газу більший 800 ppm, то вентиляція активується, якщо менше 600 ppm, то вентилятор вимикається, тривога вмикається, якщо виявлений газ: біпер, червоний світлодіод, з'являється повідомлення на дисплеї.

Блок виконавчих присторів складають MOSFET-модуль IRF520, що активує чи деактивує вентилятор SUNON KD1212PTB, світлодіоди інформують про рівень якості повітря, біпер генерує звукові попередження, а LCD1602 дисплей виводить поточні значення й повідомлення.

Режими роботи можна перемикати в інтерфейсі користувача або на автоматичний, що здійснюється на основі даних від сенсорів, або на ручний, що здійснюється користувачем кнопкою. Кнопка керування дозволяє вручну взаємодіяти із системою.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Алгоритм взаємодії компонентів

Після подачі живлення від адаптера 12В система проводить початковий тест, під час якого Arduino перевіряє наявність і готовність сенсорів і дисплея. Модуль MP1584 перетворює 12В у 5В для живлення логіки і низьковольтних компонентів. Через інтерфейс I2C MH-Z19B передає інформацію про концентрацію вуглекислого газу, вологість та температуру мікроконтролера, в той час як MQ-9 постійно надсилає сигнал на один із аналогових входів Arduino, змінює його рівень у разі виявлення горючих газів.

Arduino аналізує отримані дані та, спираючись на результати, вмикає вентилятор через MOSFET-модуль, активує відповідний світлодіод – зелений, жовтий, червоний, якщо рівень газу критичний – вмикає біпер, оновлює дані на дисплеї. Користувач може виконати наступні дії вручну, якщо натисне кнопку: вимкнути тривогу, перезапустити систему, увімкнути вентиляцію, незалежно від показників сенсорів.

Система використовує два різних живлення: 12В – основне, що використовується для вентилятора та як вхідна напруга для MP1584, 5В – стабілізоване живлення від Arduino, дисплея, світлодіодів, сенсорів.

MP1584 є критично важливим елементом, стабільність якого забезпечує надійність систем в цілому. Керування виконавчими елементами здійснюється через цифрові виходи Arduino:

- сигналом з порту D3 активується MOSFET-модуль;
- через порти D4 - D6 керуються світлодіоди;
- до виходу D7 підключений біпер;
- до виходу D8 підключена кнопка;
- порти A4 (SDA) та A5 (SCL) використовує LCD1602 через I2C.

Взаємодія між компонентами організована циклічно, кожні 2-3 секунди відбувається новий цикл зчитування даних, перераховується логіка та оновлюється

стан системи. Завдяки цьому забезпечується частота оновлень без надмірного навантаження на мікроконтролер.

Система уникає частих перемикань при невеликих коливаннях рівня газу завдяки гістерезису в логіці вентиляції. При 800 ppm – вентиляція вмикається і вимикається при падінні рівня нижче 600 ppm. Так вентилятор менше зношується і покращується енергоефективність.

Система масштабована завдяки використанню стандартних інтерфейсів – аналогові входи та цифрові виходи, I2C – тому можна легко додавати нові сенсори або змінити виконавчі присторі, не втручаючись в основну архітектуру. Завдяки модульній структурі можливо забезпечити бездротову передачу даних, дистанційне керування, інтеграцію з іншими системами, такими як «розумний дім», охоронна сигналізація, клімат-контроль.

Отже, взаємодія компонентів у системі є чіткою, структурованою, логічною, що орієнтує систему на ефективну роботу в реальному середовищі. Взаємодія елементів відбувається через централізований контролер, який забезпечує швидку реакцію на зміну параметрів довкілля, дозволяє користувачу отримувати актуальну інформацію про стан повітря та роботу вентиляції.

## 2.7 Поділ системи на модулі

Для ефективної розробки та тестування систему було поділено на функціональні модулі, кожен з яких реалізує певну підсистему.

Систему можна поділити на 5 відповідних модулів:

- збір даних (зчитування показників вуглекислого газу та газів, обробка даних і прийняття рішень, зв'язок з усіма датчиками і виконавчими пристроями);
- логіка керування (реалізація алгоритмів на основі порогових значень із врахуванням гістерезису);

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- керування виконавчими механізмами (PWM для регулювання швидкості обертання вентилятора, MOSFET керування);
- індикація (LCD - дисплей, світлодіоди, звукова сигналізація);
- взаємодія із користувачем (світлодіоди, кнопка перемикання режимів, біпер для тривоги).

Такий підхід значно спрощує обслуговування та масштабування системи.

### 2.8 Методи комп'ютерної інженерії, застосовані у проекті

Під час розробки програмно-технічного засобу було використано методи структурного і модульного проектування з використанням мови C++, які підвищують надійність роботи системи, забезпечують високу гнучкість при реалізації логіки. Система структурована, враховано живлення, сумісність сигналів, стабільність зв'язків, фізичну безпеку елементів. Використання великої бази бібліотек та зручна інтеграція інтерфейсів дає можливість пришвидшити реалізацію, зменшити кількість помилок, застосувати перевірені функціональні рішення.

Розділення коду на логічні блоки, що відповідають за окремі функції, спрощує обслуговування, модифікацію та повторне використання коду. Для зменшення кількості з'єднань та обсягу коду обслуговування периферії використано шини I2C, для плавного керування швидкістю вентилятора – PWM сигнали, MQ-9 для обробки сигналів та логічне порогове реагування.

Алгоритми зчитування та реагування адаптовані до роботи в циклі із врахуванням реальних часових обмежень на обробку подій. Щоб уникнути частих перемикань вентилятора було реалізовано гістерезис в логіці роботи, а модульна структура коду відповідає принципам структурного програмування. Одним із недоліків можна назвати обмежені ресурси Arduino Uno, хоча він повністю задовільняє потреби реалізації системи для проекту середнього рівня.

					КьРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 36
Вн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосовані методи комп'ютерної інженерії допомагають реалізувати систему, що відповідає вимогам технічного завдання та сприяють подальшому розвитку і реалізації проекту.

## 2.9 Висновки до другого розділу

Другий розділ мав на меті проаналізувати та спроектувати інтелектуальну систему управління вентиляцією приміщення на основі датчиків вмісту вуглекислого газу і газів та розглянути основні принципи побудови схем, їх модульну структуру та програмну реалізацію. Архітектура апаратної частини побудована з мікроконтролером Arduino Uno R3, модулем керування вентилятором MOSFET IRF520, елементами індикації та звукового попередження, та розрахована на автоматичний і ручний режими керування. Принципова електрична схема ілюструє з'єднання всіх компонентів, а блок-схема відображає основні етапи роботи системи. Програмне забезпечення реалізовано на мові C++ з чіткою логікою і структурою.

Проект поділений на модулі, що спрощує підтримку і масштабування системи, а ключові методи комп'ютерної інженерії дозволили створити архітектуру, у якій апаратна частина ефективно і надійно працює разом із програмним забезпеченням; реалізувати безпечну логіку поведінки (уникнення вмикання/вимикання вентилятора завдяки застосуванню гістерезиса); забезпечити енергоефективну і продуктивну роботу (PWM – керування потужністю вентилятора, I2C – економія виводів на платі); спростити тестування, модифікацію і розширення проекту (структура коду та декомпозиція); проаналізувати можливі ризики і вимоги та оцінити схеми і вибір компонентів для зменшення кількості помилок на етапі реалізації, підвищення ефективності системи та спрощення подальшого обслуговування і модернізації.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ**

3.1 Опис реалізації модулів апаратного та програмного забезпечення програмно-технічного засобу

#### **3.1.1 Загальний опис ролі апаратної частини в реалізації системи**

Розробка інтелектуальної системи управління вентиляцією приміщення заснована на тісній взаємодії апаратного та програмного забезпечення. Апаратна частина як фізична складова забезпечує збір даних з навколишнього середовища, передачу сигналів, керування виконавчими механізмами та виведення інформації для користувача.

Програмна частина інтерпретує отримані дані, приймає рішення на основі логіки системи, контролює режими функціонування, забезпечує взаємодію з користувачем, тобто формується єдиний механізм адаптивного управління, що реагує на зміни навколишнього середовища, підтримує оптимальні умови в приміщенні.

З метою реалізації проекту для створення надійної енергоефективної системи управління вентиляцією використовуються перевірені компоненти, оптимізована програмна логіка, контролюються збої та аварійні ситуації. Шляхом використання енергозберігаючих алгоритмів, адаптивного керування вентилятором і мінімізацією споживань ресурсів досягається енергоефективність. Відкрита архітектура надає можливість додавати нові модулі та розширювати функціональність системи.

Головним елементом роботи системи є взаємозв'язок між апаратним і програмним забезпеченням. Сенсори та виконавчі елементи апаратної частини передають і приймають дані, а мікроконтролер аналізує, приймає рішення, керує системою у реальному часі. Наприклад, при підвищенні рівня вуглекислого газу

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмна частина активує логіку аварійного реагування: вмикає вентилятор, збільшує кількість обертів, подає візуальні та звукові сигнали. Таким чином не лише контролюється повітря, а й забезпечується динамічна реакція на зміни у середовищі. Тобто, завдяки інтеграції апаратного і програмного забезпечення була створена адаптивна та ефективна система, що відповідає сучасним вимогам щодо процесів контролю повітря в житлових, навчальних, офісних приміщеннях.

### 3.1.2 Вибір апаратної платформи. Обґрунтування вибору мікроконтролера

Центральним керуючим елементом системи обрано мікроконтролер Arduino Uno R3, що зумовлено низкою технічних, функціональних та практичних його переваг. Даний мікроконтролер є однією із найпоширеніших плат у світі завдяки своїй відкритій архітектурі, доступності і зручності у використанні. Оскільки він створений на базі мікроконтролера ATmega328P, та має достатню кількість цифрових та аналогових входів\виходів, потрібних для підключення необхідної кількості сенсорів, виконавчих механізмів і елементів інтерфейсу. Arduino користується попитом серед розробників, включаючи велику кількість бібліотек, документацію та приклади, що спрощує реалізацію логіки.

Для порівняння: ESP8266 має WI-Fi-модуль та більшу обчислювальну потужність, але поступається в плані стабільності при роботі з аналоговими сенсорами і вимагає глибших знань у роботі з мережею.

Продуктивнішою альтернативою з великою кількістю периферії є STM32, хоча вимагає складнішого середовища розробки і налаштування. Його доцільніше використовувати у складних високоточних системах.

Raspberry Pi має більше ресурсів для обробки, але споживає більше енергії, використовує ОС Linux та має затримки виконання в реальному часі, а це має важливе значення у системах управління на основі сенсорних даних.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому оптимальним рішенням для даного проекту є простий у використанні, функціональний для задач керування вентиляцією, сумісний із широким спектром сенсорів та модулів, надійний при реалізації реального часу мікроконтролер Arduino UNO.

### 3.1.3 Вибір та характеристики CO<sub>2</sub>-сенсора та датчика середовища

Високоточні сенсори, здатні оперативно та надійно визначати параметри якості повітря, є основним елементом функціонування інтелектуальної системи вентиляції. Типи датчиків для контролю рівня вуглекислого газу MH-Z19B та MQ-9 для виявлення токсичних і вибухонебезпечних газів, зокрема чадного газу, метану та пропану якнайкраще використані у даному проекті.

MH-Z19B – це високоточний інфрачервоний сенсор, що працює за принципом недисперсійної інфрачервоної спектроскопії. Він стабільний, з низьким енергоспоживанням і просто інтегрується в різні електронні системи. Сенсор має діапазон вимірювання до 2000 ppm, точність приблизно 3% і вбудовану температурну компенсацію для підвищення точності показників.

Сенсор широко використовується в системах моніторингу якості повітря, очищувачах повітря і вентиляціях, бо має компактні розміри, довговічність і надійність (5 років роботи), стійкий до вологості і пилу.

Мікроконтролер Arduino Uno здійснює зв'язок із сенсором через інтерфейс I2C, такий підхід дозволяє зменшити складність монтажу і мінімізувати кількість з'єднань. Також це спрощує масштабування системи, що підтримується завдяки можливості каскадного підключення інших пристроїв на тій самій шині. Функція Automatic Self-Calibration сенсора MH-Z19B дозволяє самостійно оновлювати базовий рівень вуглекислого газу при тривалому використанні у стабільному середовищі. Ручне калібрування передбачено для критичних застосувань за відомими еталонними значеннями, що підвищує точність.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Газовий сенсор MQ-9 на основі оксиду олова  $\text{SnO}_2$ , що є чутливим до наявності чадного газу, метану та інших лейкозаймистих сполук, є іншим важливим компонентом. Якщо змінюється концентрація зазначених газів у повітрі, то змінюється електричний опір напівпровідникового шару сенсора, який, у свою чергу, конвертується в напругу на аналоговому виході. У нашій системі MQ-9 підключено до аналогового входу Arduino Uno, що дає змогу зчитувати дані з високою частотою.

MQ-9 вимагає прогріву до 24 годин при першому увімкненні, а також регулярного обслуговування, зокрема очищення від пилу та контролю стабільності живлення. Сенсор має широкий діапазон виявлення, наприклад, для вуглекислого газу від 10 до 1000 ppm, це дозволяє використовувати його для раннього виявлення небезпечної концентрації газу і для побутового моніторингу. Система отримує багатовимірну картину якості повітря завдяки сумісному використанню MH-Z19B та MQ-9. Наявність вуглекислого газу свідчить про рівень задухи або неефективність вентиляції. MQ-9 оперативно реагує на потенційно небезпечні витoki газу. Така комбінація сенсорів підвищує безпеку і дозволяє забезпечити комфортні умови в приміщеннях, адаптує швидкість вентиляції до поточної ситуації.

Фундаментом надійної роботи всієї системи управління є правильний вибір і реалізація сенсорної частини. Ці два сенсори дозволяють досягти високої точності, швидкості реагування та адаптивності системи до змін навколишнього середовища.

### 3.1.4 Вибір виконавчих елементів (вентилятори, драйвери)

Ключовою частиною системи управління вентиляцією є виконавчі елементи, оскільки вони безпосередньо здійснюють вплив на мікроклімат приміщення. Основними компонентами виконавчої частини є вентилятор, модуль силового керування MOSFET, а також допоміжний модуль стабілізації напруги для живлення елементів.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У системі використано вентилятор SUNON KD1212PTB1, який працює від постійної напруги 12В та має продуктивність приблизно 90 м<sup>3</sup> за годину. Висока ефективність та низький рівень шуму вентилятора роблять його придатним для використання в приміщеннях. Він забезпечує примусову подачу або витяжку повітря залежно від напрямку встановлення та керується системою відповідно до поточного рівня концентрації вуглекислого газу.

Керує швидкістю обертання вентилятора MOSFET-модуль, що дозволяє мікроконтролеру подавати навантаження через логічний сигнал, зазвичай 3,3В або 5В, що надходить на транзистор. При надходженні сигналу відкривається канал струму між витоком і стоком, і вентилятор вмикається, тобто MOSFET-модуль працює в режимі ключа, за потребою може бути реалізоване керування широтно-імпульсною модуляцією PWM, що дозволяє регулювати швидкість вентилятора плавно.

Для забезпечення стабільної подачі живлення на логіку керування системи використовується модуль стабілізації напруги MP1584, який понижує вхідну напругу 12В до потрібного рівня та забезпечує її стабільність навіть при коливаннях струмового навантаження. Уся система живиться від стандартного мережевого адаптера на 12В, що подає струм до 2А. Цього достатньо для одночасної роботи вентилятора та керуючих модулів. Адаптер підключається до відповідного роз'єму живлення на платі або модулі стабілізації, після чого живлення розподіляється між компонентами системи.

Вентилятор є досить надійним і довговічним, MOSFET-модуль просто та ефективно керує потужним навантаженням, стабілізатор MP1584 захищає логіку від перевантажень. Тобто виконавча частина була сформована на базі доступних, недорогих та ефективних компонентів, що має забезпечити стабільну та енергоощадну роботу системи вентиляції.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.1.5 Комунікаційні інтерфейси

Щоб інтелектуальна система управління вентиляцією працювала ефективно, необхідно передавати дані між компонентами надійно та швидко. В даному проекті застосовано стандартні комунікаційні протоколи, які забезпечують простоту реалізації, сумісність із мікроконтролером Arduino Uno та стабільність роботи. Між мікроконтролером і датчиком MH-Z19B вибрано основний протокол взаємодії I2C Inter Integrated Socket, який дозволяє передавати дані по двох дротах SDA та SCL, а також підтримує підключення кількох пристроїв до однієї шини.

Arduino Uno має вбудовану підтримку I2C, що дозволяє підключити декілька сенсорів одночасно без зайвого ускладнення монтажу. Достатня швидкість та обмін даними забезпечується протоколом I2C, який має вбудовану систему адресації, що спрощує конфігурацію пристрою. Стандартний аналоговий інтерфейс Arduino використовується для підключення аналогових сенсорів, таких як MQ-9. Аналогові сигнали дозволяють безпосередньо зчитувати напругу, пропорційну концентрації газів, і не потребують складного протоколу передачі.

Щоб підключити виконавчі пристрої, такі як вентилятор SUNON KD1212PTB1 12В, система використовує цифрові порти Arduino. Зворотні діоди використовуються для захисту від перенапруги, це усуває ризик пошкодження мікроконтролера під час інерційного гальмування вентилятора.

Для реалізації мобільного контролю або взаємодії з хмарними сервісами можливо інтегрувати бездротові модулі зв'язку, наприклад, Bluetooth чи Wi-Fi, але в рамках базової версії системи це не реалізовано з метою спрощення та підвищення надійності.

Отже, для побудови компактною надійною та розширюваною системи збору, обробки та передачі інформації в межах проекту управління вентиляцією було використано комунікаційні інтерфейси I2C аналогового зчитування та цифрового керування.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3.2. Розробка апаратної частини системи

### 3.2.2. Монтаж апаратної частини: з'єднання компонентів

Коли було підібрано усі необхідні апаратні компоненти системи управління вентиляцією, розпочався етап монтажу та з'єднання елементів у єдину апаратну систему. Забезпечення правильного функціонування всіх частин системи, стабільне живлення та надійне керування виконавчими пристроями стали основною метою цього етапу.

З'єднання здійснювалося згідно з розробленою схемою із дотриманням рівнів логіки полярності та параметрів живлення. Центральним елементом системи є мікроконтролер Arduino Uno R3, до якого підключаються всі інші компоненти.

Сенсор було підключено до мікроконтролера через UART інтерфейс, що забезпечило стабільну передачу даних кожні кілька секунд. Було передбачено підключення лінії живлення 5В і землі (GND) до відповідних контактів плати.

Вентилятор підключений до цифрового виходу мікроконтролера, вивід керування надсилає логічний сигнал на затвор транзистора, відкриваючи або закриваючи канал струму через вентилятор. Безпосередньо від 12В адаптера подається струм вентилятора через модуль стабілізації напруги MP1584, який паралельно живить і саму логіку системи. За умови використання широтно-імпульсної модуляції PWM сигнал керування дозволяє змінювати швидкість обертання вентилятора, забезпечуючи більш плавне регулювання вентиляції залежно від концентрації вуглекислого газу.

Дисплей LCD 1602 було підключення через інтерфейс I2C до відповідних пінів мікроконтролера, живлення дисплея подавалось від стабілізатора MP1584 або напряму від 5В виходу контролера.

					КВРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення зручності обслуговування обрані дроти різних кольорів, а з метою запобігання коротким замиканням використовувалися ізоляційні ковпачки на відкритих контактах та термоклей.

Готова апаратна частина була змонтована в компактному пластиковому корпусі, що попереджає потрапляння пилу, випадкові механічні пошкодження і дозволяє закріпити елементи стаціонарно. Передбачено вентиляційні отвори для циркуляції повітря біля датчиків та вивід дротів для підключення вентилятора та адаптора живлення.

### 3.2.3. Організація живлення та захисту системи

Не лише автоматичне регулювання повітрообміну, а й оперативне реагування на надзвичайні ситуації відіграє важливу роль у контексті управління вентиляцією. Воно передбачає розробку та реалізацію механізмів, здатних мінімізувати ризики для здоров'я користувачів та запобігти небезпечним подіям, які пов'язані із перевищенням допустимих концентрацій вуглекислого газу, метану, пропану, горючих газів та інш.

MH-Z19B має високу точність та стабільність, а MQ-9 чутливий до концентрації шкідливих для організму горючих і чадного газів, навіть у короткочасній перспективі. Програмна частина аналізує дані і у випадку критичних порогів, наприклад, більше 900 ppm вуглекислого газу - переходить у режим аварійного реагування. Активується вентилятор на максимальній потужності без можливості вимкнення в ручному режимі, світиться червоний світлодіод, який сигналізує про небезпеку, і відповідне попередження виводиться на LCD дисплей CO<sub>2</sub> 'ALERT GAS DETECTED', звуковий сигнал подається переривчасто і це додатково привертає увагу користувача навіть у шумному середовищі.

До моменту нормалізації параметрів кнопка перемикання режимів стає неактивною, користувач не може вимкнути вентиляцію до усунення загрози. Щоб знизити ймовірність хибного позитивного спрацювання, реалізовано механізм

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтвердження аварії – перевищення повинно тривати певний час, наприклад, більше 5 секунд, перш ніж система визнає його аварійним. Завдяки цьому ми уникаємо активації через миттєві скачки або шум у даних сенсора.

Передбачена логіка відновлення після того, як показники вуглекислого газу і газів повертаються в межі безпеки, аварійний режим завершується не відразу, бо в алгоритм включено період стабілізації, наприклад, ще 30 секунд продовжується вентиляція на середньому рівні аби забезпечити остаточне очищення повітря.

Принципи надійності та передбачуваності стали в основі захисної логіки системи. Усі потенційно-критичні дії ввімкнення вентилятора та сигналізація дублюється в інтерфейсі користувача, тобто навіть при відсутності зовнішнього моніторингу можна забезпечити безпеку на базовому рівні.

Завдяки цим рішенням система вентиляції здатна ефективно реагувати на непередбачувані зміни стану повітря і гарантувати безпеку користувачів у критичних ситуаціях. Схема живлення системи представлена у додатку А.

#### 3.2.4. Тестування та калібрування системи

Критично важливими етапами життєвого циклу розробки системи, яке забезпечують відповідність її поведінки очікуваним параметрам, стабільність у роботі та достовірність показників, є тестування та калібрування. Для апаратної та програмної складової інтелектуальної системи управління вентиляцією, що залежить від точних вимірювань середовища та адекватної реакції на них, ці процеси мають надважливе значення.

Тому було проведено тестування апаратної частини у кілька етапів. На першому етапі потрібно було переконатися у стабільності подачі напруги на всі компоненти, зокрема на вентилятор 12В, контролер Arduino Uno та датчики 3,3В або 5В.

Дуже важливим етапом була перевірка вхідної напруги на плату. На модулі з мікросхемою MP1584 є вбудований потенціометр для регулювання вихідної

					КьРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напруги. Після встановлення потенціометра на рівні 5В було проведено вимірювання вихідної напруги мультиметром. Перевірено коректність зчитування даних з сенсорів та функціональність виконавчих пристроїв, зокрема стабільна робота вентилятора під управлінням PWM сигналів, реакція на команди мікроконтролера, індикація стану світлодіодами. Було проведено цілісне тестування системи, робота всіх компонентів в інтегрованому режимі, автоматичне реагування на зміну показників.

Під час програмного тестування було проведено симуляцію сценаріїв роботи, створено кілька ситуацій з підвищенням рівня вуглекислого газу, переключенням режимів вручну, а також аварійним збоєм. Перевірялися стабільність у часі, тобто довготривала робота системи протягом 24 годин із контролем стабільності значень та відсутності зависань.

У два етапи проводились калібрування. MH-Z19B калібрувався з використанням автоматичної функції Auto Self-Calibration (ASC), а також вручну на основі базового рівня вуглекислого газу (400 ppm на відкритому повітрі). MQ-9 був налаштований за допомогою змінного резистора на модулі та еталонних концентрацій газу.

Другий етап налаштування порогів у прошивці. Порогові значення вуглекислого газу встановлено на рівні 800 ppm (попередження), та 900 ppm + (аварія). Для MQ-9 на основі тестів із запальничкою визначено поріг для спрацювання сигналізації та аварійного режиму.

Завдяки ретельному тестуванню і калібруванню вдалося досягти високої точності, швидкості та надійності функціонування інтелектуальної вентиляційної системи в умовах реального середовища, тобто сенсори дають стабільні та коректні показники, а програмна логіка адекватно реагує на зміни параметрів середовища, встановлено незначні похибки, які були враховані в остаточному калібруванні.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3. Розробка програмного забезпечення та алгоритму керування

#### 3.3.1 Програмна логіка роботи системи

Динамічну реакцію системи управління вентиляцією на зміни в навколишньому середовищі забезпечує програмна логіка, що є ключовим елементом і реалізована у вигляді прошивки для мікроконтролера Arduino Uno, написаної мовою програмування C++ з використанням середовища Arduino IDE. Структура програми побудована на основі принципів реактивного програмування, тобто пристрій постійно зчитує сенсорні дані, обробляє їх та виконує дії відповідно до заданих умов.

Цикл 'loop ()' становить основу алгоритму і виконує такі операції: зчитує поточні показники з сенсорів вуглекислого газу згідно з протоколом I2C, зчитує аналогові сигнали з газового сенсора, перевіряє логічний стан кнопки перемикачів режимів, обчислює, порівнює значення з пороговими межами, активує/ деактивує вентилятори, оновлює інформацію на LCD дисплеї, демонструє стан через світлодіоди та звуковий сигнал при аваріях.

Програмна логіка підтримує два режими роботи: при автоматичному режимі система самостійно визначає потребу у вентиляції, орієнтуючись на показники вуглекислого газу та наявність горючих газів; при ручному режимі користувач за допомогою кнопки може вмикати чи вимикати вентилятор, незважаючи на сенсорні показники. Це корисно під час тестування чи обслуговування.

Також реалізовано алгоритм плавного керування вентилятором, використано широтно-імпульсну модуляцію PWM. Пропорційно до перевищення рівня вуглекислого газу визначається значення заповнення імпульсу, що дозволяє економити електроенергію та зменшувати зношування вентилятора.

Аварійна обробка подій є не менш важливою частиною програмної логіки: при виявленні критичних рівнів газу або вуглекислого газу система переходить у

захищений режим, тобто включає вентилятор на повну потужність, виводить попередження на дисплей, активує червоний світлодіод і звукову сигналізацію.

Функції зчитування даних, оновлення дисплея, керування світлодіодами і вентилятором винесено в окремі блоки коду. Це підвищує читабельність і спрощує тестування, тобто логіка роботи організована модульно.

Гнучкість, надійність та простота, автономність і адаптивна робота інтелектуальної системи вентиляції відповідно до реального стану середовища поєднані у програмній логіці.

### 3.3.2. Реалізація інтерфейсу користувача

Зручна взаємодія між користувачем та пристроєм забезпечується через інтерфейс користувача, що є невід'ємною складовою частиною інтелектуальної системи управління вентиляцією. Інтерфейс має на меті надати доступ до ключової інформації про стан повітря та поточний режим роботи і можливість впливу на поведінку системи шляхом перемикання режимів чи виклику ручного керування.

Візуально інтерфейс реалізовано за допомогою LCD дисплея з підтримкою 12 протоколу, що дозволяє мінімізувати кількість задіяних виводів на мікроконтролері Arduino Uno.

Нижче перераховані дані, які з'являються на дисплеї, а саме: поточний рівень вуглекислого газу у ppm (Parts per Million), наявність чи відсутність горючих газів (MQ-9), активний режим роботи (автоматичний чи ручний), стан вентилятора (вимкнено, низька/ середня/ висока швидкість).

Актуальність показників без мерехтіння або перевантаження пристрою оновлюється з інтервалом в кілька секунд. Одна кнопка забезпечує реалізацію керування, що спрощує апаратну частину та підвищує зручність використання. Коротке натискання – перемикання між автоматичним та ручним режимом, довге натискання – активація тестового режиму вентиляції.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поточний стан індикації реалізовано додатковими LED-світлодіодами, де зелений – нормальний стан повітря, жовтий – підвищений рівень вуглекислого газу, червоний – критичний рівень або аварійна ситуація.

Для підвищення зручності експлуатації також додано звуковий індикатор, що сигналізує про аварійний режим чи зміну режиму роботи. Це корисно в умовах обмеженої візуальної доступності дисплею.

Орієнтуючись на принципи ергономіки, мінімалізму та інтуїтивної зрозумілості розроблено інтерфейс дисплею, повідомлення на якому мають чітку структуру, а відгук на дії користувача – миттєвий. Це забезпечує ефективний контроль системи і створює комфортні умови для взаємодії користувача з інтелектуальним середовищем.

### 3.3.3 Виведення інформації та індикація

Ефективний спосіб інформування користувача про поточний стан повітряного середовища та внутрішніх процесів роботи також передбачений системою управління вентиляцією. Для цього було реалізовано кілька каналів виведення інформації, а саме: LCD-дисплей, світлодіодні індикатори і звуковий сигналізатор.

LCD-дисплей з інтерфейсом I2C, що підключається до мікроконтролера Arduino Uno, є основним елементом відображення даних. Дисплей має розмір 16x2 символів, чого достатньо для виведення наступної інформації: концентрація вуглекислого газу, режим, стан вентилятора та повідомлення про аварійні ситуації наприклад 'CO<sub>2</sub> HIGH' або 'GAS ALERT'.

Завдяки наявності системи із трьох світлодіодів користувач може зчитувати основну інформацію без необхідності звертатися до дисплея, що особливо важливо для людей з обмеженим зором або у випадках швидкого реагування.

Окремим елементом є звуковий сигналізатор, який активується при перевищенні порогу вуглекислого газу понад безпечні межі, у разі виявлення

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горючих газів сенсором MQ-9, при переході системи в аварійний режим або на повну потужність. Коли візуальні засоби недоступні або не привертають достатньої уваги, звукова сигналізація забезпечує оперативне сповіщення.

Для реалізації механізмів виведення інформації застосовано принципи простоти, доступності і наочності. Користувач отримує повну картину про стан навколишнього середовища та роботи системи в будь-який момент часу завдяки поєднанню текстової, колірної та звукової індикації, що значно підвищує рівень зручності, експлуатації і безпеки.

### 3.3.4 Оцінка ефективності системи

Оцінка ефективності системи є важливим етапом, що дозволяє визначити її здатність забезпечувати належну якість повітря при мінімальних енерговитратах. Тому вона проводилася за кількома критеріями:

- час реагування: в середньому вентилятор вмикається через 3-5 секунд після досягнення граничного значення вуглекислого газу;
- енергоспоживання: середнє споживання системи у стані очікування 0,3Вт, під час роботи вентилятора до 6-7Вт;
- надійність: система працює без збою протягом 24 годин безперервного тестування;
- порівняння з ручною вентиляцією: автоматична система дозволяє підтримувати рівень вуглекислого газу у межах санітарних норм постійно без втручання користувача.

Загальна оцінка демонструє, що система є енергоефективною, надійною стабільною та придатною для використання у реальних умовах.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

### 3.4 Висновки до третього розділу

У третьому розділі дипломної роботи було розроблено інтелектуальну систему управління вентиляцією, засновану на контролі концентрації вуглекислого газу у повітрі, було розроблено апаратну і програмну частину системи, що забезпечує її автономну і ефективну роботу. Однією із цілей роботи було створення системи, яка б дозволила підтримувати оптимальну якість повітря в приміщенні без постійного ручного втручання.

З апаратної точки зору було обґрунтовано вибір основних компонентів системи, Arduino Uno R3 було обрано обчислювальним модулем, який відповідає за обробку сигналів від сенсорів та керування виконавчими пристроями, точний датчик MH-Z19B було використано для безпосереднього вимірювання рівня вуглекислого газу.

Під час проекту було зібрано електронну схему системи та проведено тестування окремих її складових. Реалізовано простий інтерфейс для передачі даних і взаємодії з користувачем через LCD дисплей, який відображає поточний рівень вуглекислого газу у повітрі та стан системи вентиляції. Розроблено програмне забезпечення з урахуванням принципів енергоефективності та надійності. Постійний моніторинг концентрації вуглекислого газу, обробка отриманих значень для прийняття рішення у основі закладених логічних умов були головними функціями програмного коду. Також реалізовано алгоритм нечіткої логіки або простішу порогову модель, яка дозволяє гнучко регулювати роботу вентиляційного обладнання залежно від рівня забрудненості повітря.

Енергоефективні системи була в пріоритеті завдяки використанню оптимізованих алгоритмів. Система працює в економному режимі, активує вентиляційне обладнання лише за необхідності, що дозволяє значно зменшити витрати на електроенергію. Також система підтримує автономну роботу і може функціонувати без постійного втручання з боку користувача, це робить її досить зручною для повсякденного використання.

					КьРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модульність та гнучкість стали основою програмного забезпечення системи. Алгоритм роботи базується на пороговій логіці, що дозволяє уникнути частих циклів вмикання та вимикання, і запобігає зношенню обладнання. Кожне оновлення даних супроводжується аналізом і прийняттям рішень про подальші дії.

У процесі тестування було підтверджено працездатність системи, точність вимірювання рівня вуглекислого газу та коректність алгоритмів управління вентиляцією. Система досить оперативно реагує на зміну умов у приміщенні і забезпечує відновлення нормального газового складу повітря. Це позитивно впливає на самопочуття і продуктивність людей у приміщенні.

У результаті виконання третього розділу було досягнуто головної мети – створення повністю функціональної інтелектуальної системи керування вентиляцією на основі даних від датчиків вуглекислого газу. Запропоноване рішення є модульним, масштабованим, легко адаптується до різних умов експлуатації і має потенціал для подальшого розвитку, наприклад, її можна інтегрувати в систему “розумного будинку”, використовувати машини навчання для прогнозування змін мікроклімату, а також підтримки віддаленого моніторингу через хмарний.

Розробка є ефективним інструментом автоматизації вентиляційних процесів і демонструє значний потенціал для практичного застосування в умовах зростаючих вимог до якості повітря у приміщеннях.

					КВРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було комплексно досліджено, спроектовано та реалізовано інтелектуальну систему управління вентиляцією в приміщенні на основі датчиків вуглекислого газу. Метою розробки було створити ефективну, енергоощадну та гнучку систему автоматизованого контролю мікроклімату, яка б підвищувала якість повітря у закритих просторах шляхом динамічного регулювання вентиляції відповідно до концентрації вуглекислого газу.

Перший розділ був присвячений сучасному стану проблеми, зокрема вивченню впливу якості повітря на здоров'я, самопочуття та продуктивність людини. Окрему увагу було приділено нормативним вимогам до рівня вуглекислого газу у приміщеннях, а також аналізу вже існуючих технічних рішень у сфері вентиляції та мікрокліматичного контролю. Було порівняно традиційні системи вентиляції, які найчастіше використовуються у сучасних енергоефективних будівлях, приміщеннях та обґрунтовано доцільність розробки більш адаптивної та інтелектуальної системи.

У другому розділі було виконано проектування загальної архітектури системи, встановлено технічні вимоги до апаратних та програмних компонентів. Було побудовано структурну та функціональну схеми системи, розроблено алгоритм прийняття рішень, за допомогою якого система може змінювати режим роботи вентиляції залежно від рівня вуглекислого газу.

Безпосередньо програмно-апаратна реалізація системи була здійснена у третьому розділі. Обґрунтовано вибір мікроконтролера, сенсорів вуглекислого газу, виконавчих пристроїв, вентиляторів та способів зв'язку між ними із врахуванням можливостей розширення функціональності. Зібрано макет на основі мікроконтролера Arduino Uno R3, до якого підключено датчики вуглекислого газу MH-Z19B та MQ-9, вентилятор. Реалізовано програмне забезпечення, яке здійснює

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збір даних, аналіз концентрації вуглекислого газу та керування вентиляцією згідно з визначеним алгоритмом.

Також реалізовано інтерфейс для користувача у вигляді дисплея, де відображаються поточні показники якості повітря, режим роботи системи та повідомлення про перевищення критичних значень. Система підтримує можливість ручного управління, що підвищує її універсальність.

В результаті тестувань можна зробити висновок, що система показала високу стабільність, точність вимірювання вуглекислого газу та ефективність керування вентиляцією. Підтверджено, що автоматичне керування на основі реальних даних дозволяє підтримувати допустимі концентрації вуглекислого газу в межах санітарних норм.

Система має автоматичний режим роботи без участі користувача, точно вимірює рівень вуглекислого газу та керує вентиляцією гнучко. Вона енергоефективна за рахунок адаптивного алгоритму і можливості масштабування та інтеграції з іншими системами “розумного будинку” та проста для впровадження у побутових освітніх або офісних приміщеннях.

Всі завдання було реалізовано у процесі виконання дипломної роботи, а саме: проведено аналіз проблеми та обґрунтовано потребу в автоматизованому контролі вентиляції, спроектовано архітектуру системи, розроблено алгоритм прийняття рішень, реалізовано функціональну програмно-апаратну систему, проведено її тестування та аналіз ефективності.

Система може стати базою для подальших досліджень і вдосконалення, зокрема шляхом додавання штучного інтелекту, машинного навчання та прогнозування змін якості повітря, інтегруватися з мобільними застосунками та хмарними сервісами моніторингу.

Отже, дипломна робота має науково-прикладний характер, володіє значним потенціалом для практичного впровадження у реальних умовах і сприяє покращенню якості повітря, комфорту та енергоефективності сучасних приміщень.

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель : навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с.
2. Волосова Т. А. Технологія «Розумний дім». Майбутнє вже поруч. *Маркетинг і контролінг: сучасні виклики підприємств* : збірник матеріалів міждисциплінарної науково-практичної конференції. Київ, 2017 р.
3. Гетун Г.В., Кошева В.О., Гамоцький Р.О., Гончаренко А.В. Вплив повітрообміну в приміщеннях на енергоефективність багатоквартирних житлових будинків. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. 2019. Вип. 13. С. 58-68
4. Демчук Р. Що таке припливно-витяжна вентиляція? URL: <https://teplosfera.com/blog/ventilacia/shcho-take-pryplyvno-vytyazhna-ventyliatsiia>. (звернення 15 березня 2025р.)
5. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 71 с.
6. Дж. Ши Н.Ю., В. Яо. Алгоритм управління енергоефективною системою опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в будівлі з прогнозуванням зайнятості в реальному часі. *Energy Procedia*. 2016. Т.111. С. 267-276
7. Кліматична техніка, товари для дому. URL: <https://project-service.com.ua/ua/p1288289698-ventilyator-vytyazhnoj-vents.html>. (звернення 16 березня 2025р.)
8. Оленіна О.Ю. Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Київ, 2017. Вип. 9. С.183-186.
9. Припливно-витяжні системи вентиляції. URL: <https://www.vent.te.ua/pvu> (звернення 20 травня 2025р.)
10. Припливно-витяжна вентиляція: переваги та особливості монтажу. URL: <https://exsys.com.ua/pryplyvno-vytyazhna-ventyliatsiia-perevahy-ta-osoblyvosti-montazhu/>. (звернення 30 березня 2025р.)

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Рейтинг витяжних вентиляторів 2025 року. URL: <https://best-of.com.ua/rejting-vityazhnih-ventilyatoriv>. (звернення 05 квітня 2025р.)
12. Розумний будинок. URL: <http://tvoemisto.tv/news/shtuchnyy-intelekt-tvogo-zhytla-chy-biznesu-tehnologii-y-aki-stvoryuyut-komfort-ta-ekonomiyat-groshi-84193.html>. (звернення 08 квітня 2025р.)
13. Розумний дім. Стаття. Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний\\_дім#.D0.86.D1.81.D1.82.D0.BE.D1.80.D1.96.D1.8F\\_.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.BE.D1.80.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D1.8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_дім#.D0.86.D1.81.D1.82.D0.BE.D1.80.D1.96.D1.8F_.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.BE.D1.80.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D1.8F). (звернення 10 квітня 2025р.)
14. Розумний будинок: примха багатих чи необхідність для якісного життя? URL: <http://stb.sumy.ua/nerukomist/rozumnij-budinok-primxa-bagatix-chi-neobxidnist-dlyayakisnogo-zhittya.html>. (звернення 15 квітня 2025р.)
15. Система CLAP. URL: <https://ub.com.ua/clap>. (звернення 15 травня 2025р.)
16. Системи Розумного будинку. URL: <https://nachasi.com/2018/06/25/smarthouse-faq/>. (звернення 17 квітня 2025р.)
17. Скільки побутових рекуператорів потрібно ставити у квартирі? URL: <https://recuperation.com.ua/skolko-bytovyh-rekuperatorov-nuzhno-stavit-v-kvartire/>. (звернення 10 березня 2025р.)
18. Системи Розумного будинку.  
URL: <https://www.smarthouse.ua/ua/>. (звернення 31 травня 2025р.)
19. Українські інновації у вентиляції. URL: <https://eu4business.org.ua/success-stories/ukrainian-ventilation-innovations/>. (звернення 20 квітня 2025р.)
20. Якість повітря в громадських будівлях та шляхи її покращення: Інформаційний посібник про вентиляцію приміщень дитячих закладів. 40 с.  
URL: <https://slavrada.gov.ua/uploads/File/invest/posibnyki/12.pdf>. (звернення 10 травня 2025р.)
21. Arduino Uno R3 URL: <https://rozetka.com.ua/ua/312380437/p312380437/> (звернення 12 травня 2025р.)

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

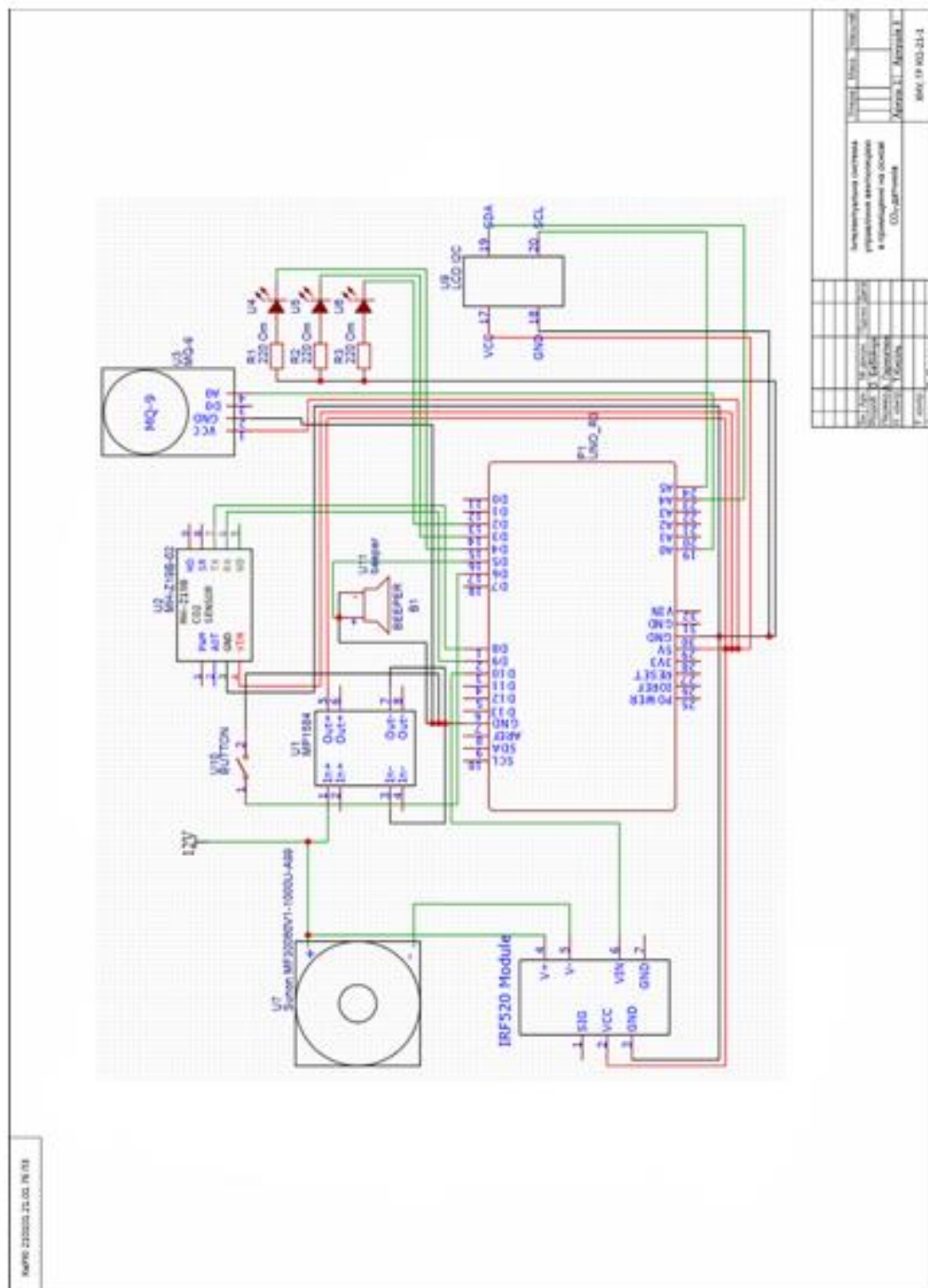
22. MOSFET IRF520 URL: <https://rozetka.com.ua/ua/414835425/p414835425/>  
(звернення 12 травня 2025р.)
23. Понижуючий перетворювач MP 1584  
<https://rozetka.com.ua/ua/312982681/p312982681/> (звернення 12 травня 2025р.)
24. LCD 1602 Дисплей URL: <https://rozetka.com.ua/ua/349459323/p349459323/>  
(звернення 12 травня 2025р.)
25. Датчик чадного газу MQ-9 URL:  
<https://rozetka.com.ua/ua/326221912/p326221912/> (звернення 12 травня 2025р.)
26. Датчик вуглекислого газу CO2 MH-Z19B URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/datchik-co2> (звернення 12 травня 2025р.)
27. Вентилятор Sunon DC EF80251S1-A99 12 В 80x80x25 мм URL:  
<https://hard.rozetka.com.ua/ua/283812333/p283812333/> (звернення 12 травня 2025р.)
28. Модуль з динаміком активний URL: <https://arduino.ua/prod490-modyl-s-dinamikom-buzzer?srsItd=AfmBOor0bHuaz7REVuNT93VykuSw8DFup6ZM6QjrOr1yC5EplxmKHp-k> (звернення 12 травня 2025р.)

					КвРКІ 210101.21.01.76 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



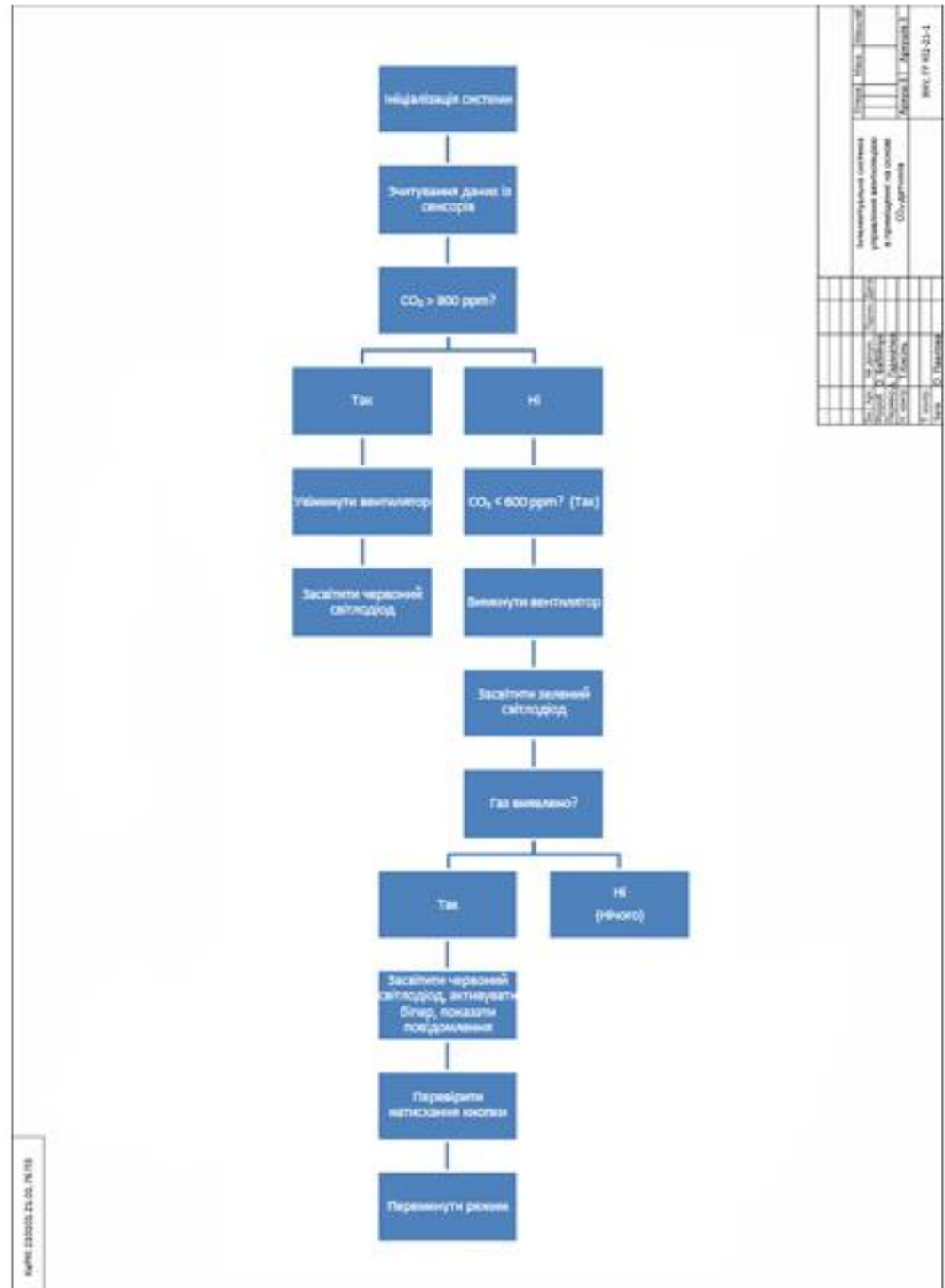
## ДОДАТОК Б (обов'язковий)

### СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ФУНКЦІОНАЛЬНА



## ДОДАТОК В (ОБОВ'ЯЗКОВИЙ)

### БЛОК-СХЕМА ПРОГРАМНОЇ ЛОГІКИ



Ініціалізація системи	Виконано	01.01.2020	01.01.2020
Управління вентилятором	Виконано	01.01.2020	01.01.2020
Управління світлодіодами	Виконано	01.01.2020	01.01.2020
Обслуговування	Виконано	01.01.2020	01.01.2020
Всього	Виконано	01.01.2020	01.01.2020

**ДОДАТОК Г**  
**(обов'язковий)**

**ЛІСТИНГ КОДУ**

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

#define RED_LED 2
#define YELLOW_LED 3
#define GREEN_LED 4
#define BUZZER_PIN 5
#define BUTTON_PIN 6
#define MQ9_PIN A0
#define fanPWM 9

bool fanState = false;
bool manualOverride = false;
int co2_ppm = 0;

SoftwareSerial co2Serial(8, 7); // RX, TX для MH-Z19B

void setup() {
  pinMode(RED_LED, OUTPUT);
```

```
pinMode(YELLOW_LED, OUTPUT);
pinMode(GREEN_LED, OUTPUT);
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(fanPWM, OUTPUT);

digitalWrite(REDF_LED, LOW);
digitalWrite(YELLOW_LED, LOW);
digitalWrite(GREEN_LED, LOW);
digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
analogWrite(fanPWM, 0);

Serial.begin(9600);
co2Serial.begin(9600);

if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
  Serial.println(F("Display error"));
  while (true);
}
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.display();
}

void loop() {
  readCO2();
  bool gasDetected = analogRead(MQ9_PIN) > 300;
  bool buttonPressed = !digitalRead(BUTTON_PIN);
```

```
if (buttonPressed) {
    manualOverride = !manualOverride;
    delay(500);
}

if (gasDetected) {
    displayGasWarning();
    activateGasAlert();
} else {
    displayCO2();
    deactivateGasAlert();
    if (!manualOverride) {
        if (co2_ppm > 800) fanState = true;
        else if (co2_ppm < 600) fanState = false;
    }
}

analogWrite(fanPWM, fanState ? 200 : 0);
updateLEDs(co2_ppm, gasDetected);
}

void readCO2() {
    byte cmd[] = {0xFF, 0x01, 0x86, 0, 0, 0, 0, 0, 0x79};
    byte response[9];

    co2Serial.write(cmd, 9);
    delay(50);
    if (co2Serial.available() >= 9) {
```

```
    for (int i = 0; i < 9; i++) response[i] = co2Serial.read();
    if (response[0] == 0xFF && response[1] == 0x86) {
        co2_ppm = response[2] * 256 + response[3];
    }
}
}
```

```
void displayCO2() {
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("CO2 Level:");
    display.setCursor(0, 16);
    display.print(co2_ppm);
    display.print(" ppm");
    display.setCursor(0, 32);
    display.print(fanState ? "Fan: ON" : "Fan: OFF");
    if (manualOverride) {
        display.setCursor(0, 48);
        display.print("Manual Mode");
    }
    display.display();
}
```

```
void displayGasWarning() {
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("!!! GAS DETECTED !!!");
    display.display();
}
```

```
void activateGasAlert() {
    digitalWrite(RED_LED, HIGH);
    digitalWrite(YELLOW_LED, LOW);
    digitalWrite(GREEN_LED, LOW);
    pulseBuzzer();
}

void deactivateGasAlert() {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
}

void pulseBuzzer() {
    static unsigned long lastToggle = 0;
    static bool buzzerOn = false;
    if (millis() - lastToggle > 500) {
        buzzerOn = !buzzerOn;
        digitalWrite(BUZZER_PIN, buzzerOn);
        lastToggle = millis();
    }
}

void updateLEDs(int ppm, bool gasAlert) {
    if (gasAlert) return;
    if (ppm < 600) {
        digitalWrite(GREEN_LED, HIGH);
        digitalWrite(YELLOW_LED, LOW);
        digitalWrite(RED_LED, LOW);
    } else if (ppm >= 600 && ppm <= 800) {
```

```
digitalWrite(GREEN_LED, LOW);  
digitalWrite(YELLOW_LED, HIGH);  
digitalWrite(RED_LED, LOW);  
} else {  
digitalWrite(GREEN_LED, LOW);  
digitalWrite(YELLOW_LED, LOW);  
digitalWrite(RED_LED, HIGH);  
}  
}
```

## ДОДАТОК Д (довідковий)

### ЗАГАЛЬНА СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ ВСІХ КОМПОНЕНТІВ

Компонент	Під на компоненті	Підключення до <u>Arduino Uno</u>	Примітки
MH-Z19B (CO <sub>2</sub> )	VCC	5V	Живлення сенсора
	GND	GND	
	TX	D8	<a href="#">Під'єднується до RX Arduino</a>
	RX	D9	<a href="#">Під'єднується до TX Arduino</a>
MQ-9 (газ)	VCC	5V	Живлення
	GND	GND	
	AOUT	A0	Аналоговий вихід
Світлодіод зелений	Анод через резистор	D4	CO <sub>2</sub> < 600 ppm
	Катод	GND	
Світлодіод жовтий	Анод через резистор	D3	CO <sub>2</sub> : 600–800 ppm
	Катод	GND	
Світлодіод червоний	Анод через резистор	D2	CO <sub>2</sub> > 800 ppm або газ
	Катод	GND	
LCD I2C дисплей	SDA	A4	Шина I <sup>2</sup> C
	SCL	A5	
	VCC	5V	
	GND	GND	
Кнопка	Один контакт	D6	INPUT_PULLUP у коді
	Інший контакт	GND	
Біпер	"+"	D5	PWM-звуковий сигнал
	"-"	GND	
IRF520 MOSFET	IN	D10	PWM керування вентилятором
	VCC	5V	
	GND	GND	
	VIN / V+	12V	До "+" вентилятора
	OUT / V-	До вентилятора "-"	Кероване заземлення
Вентилятор 12V	"+"	12V	Пряме живлення
	"-"	Через MOSFET	
MP1584	VIN+	12V	Вхід від зовнішнього джерела
	VIN-	GND	
	VOUT+	5V → <u>Arduino 5V</u>	Живлення логіки
	VOUT-	GND	

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Орест БАБІЙЧУК

**Співавтор:**

**Назва:** Бабійчук\_2\_Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO<sub>2</sub> датчиків

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

**Коефіцієнт подібності 1:** 7%

**Коефіцієнт подібності 2:** 1.7%

**Мікропробіли:** 19

**Заміна букв:** 16

**Інтервали:** 0

**Блізкі знаки:** 1

**Дата створення звіту:** 2025-06-16 07:11:51.0

Після аналізу Звіту подібності констатуємо наступне:

- Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.
- Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.
- Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові створення (маніпуляції), як передбачувані спроби укрити плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-16

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 13.0%**

Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 21%**

ID: 245757 Title: БКР Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO <sub>2</sub> -датчиків Added in a DB: 2025-06-13 Authors: Орест БАБІЙЧУК Heads: Андрій ГАРМАТЮК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	70902	501	9775 (14%)	77 (15%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes
240979	Title: Звіт з ПДП Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO <sub>2</sub> -датчиків Added in a DB: 2025-05-09 Authors: О.О. Бабійчука Heads: С.М. Лисенко Consultants: Opponents:	9124 (13.0%)	73 (15.0%)

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Бабійчук Орест Олегович

Тема: Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO<sub>2</sub>-датчиків

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 57

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень. Метою кваліфікаційної роботи є створення системи управління вентиляцією в приміщенні на основі CO<sub>2</sub>-датчиків

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню. Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи. В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області; проаналізовано теорію вентиляційних систем, виконано порівняльну характеристику найпоширеніших побутових рішень; розглянуто сучасні підходи до побудови інтелектуальних систем управління, а також розроблено план дій щодо створення власної системи та сформульовано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи виконано проєктування інтелектуальної системи управління вентиляцією, зокрема визначено загальні принципи її побудови, розроблено архітектуру апаратної частини, структуру програмного коду, обґрунтовано вибір алгоритмів управління, описано взаємодію компонентів системи та її модульну організацію. В третьому розділі кваліфікаційної роботи здійснено програмно-апаратну реалізацію системи управління вентиляцією: обґрунтовано вибір мікроконтролера, сенсорів та виконавчих пристроїв, розроблено схеми підключення, виконано монтаж апаратної частини, реалізовано програмну логіку, протестовано систему та здійснено оцінку її ефективності.

4. Позитивні сторони роботи. Висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи. Недостатня увага до тестування в реальних умовах.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи. Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу вцілому. Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_

Бодосмоц С.П. Зав. каф ІІІЗ, ХНУ

17 червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС  
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Ореста БАБІЙЧУКА

ІІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

15.08 2025 року

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованою системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Інтелектуальна система управління вентиляцією в приміщенні на основі CO<sub>2</sub> датчиків

Автор: Орест БАБІЙЧУК

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Андрій ГАРМАТЮК, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укривтя запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

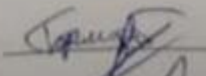
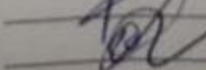
Підтвердження:

Виявлені в роботі запозичення є правомірними та не становлять плагіату з огляду на такі обставини:

1. вони розміщені у розділах, присвячених аналізу існуючих аналогів і прототипів, тобто не стосуються авторських результатів чи безпосереднього дослідження;
2. усі запозичення мають фрагментарний характер або супроводжуються належним чином оформленими бібліографічними посиланнями;
3. частина збігів виявлена у загальноновжованих фразах і виразах, що підтверджується посиланням системи на одночасний збіг з десятками джерел (від 10 до 40) для одного речення;
4. система також визначила як збіги деякі послідовності коду, які є типовими вхідними даними для широкого кола задач, а отже — не можуть вважатися порушенням;
5. усі зафіксовані системою ознаки можливого редагування тексту пов'язані лише з використанням латинських символів у поєднанні з українськими скороченнями в індексах формул, що не є спробою модифікації змісту тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 7%; та системою Anti-Plagiarism складає 13%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи  
Гарант ОП  
Завідувач кафедри КІС

Андрій ГАРМАТЮК  
Андрій НІЧЕПОРУК  
Ольга ПАВЛОВА