

Міністерство освіти і науки України

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Копистянський Роман Миколайович

УДК 007

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка інформаційної системи кліматичного моніторингу житлових приміщень на базі мікроконтролера Atmega 328PU

Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

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

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

Науковий керівник Лазорів А.М., асистент
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

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

Івано-Франківськ – 2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут Інформаційних технологій

Кафедра Комп'ютерних систем і мереж

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою КСМ

С.І. Мельничук

«29» квітня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Копистянському Роману Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка інформаційної системи кліматичного моніторингу житлових приміщень на базі мікроконтролера Atmega 328PU

керівник проекту (роботи) Лазорів Алла Миколаївна, асистент

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12 червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Методичні вказівки, технічна література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз принципів побудови систем кліматичного контролю житлових приміщень 2. Розробка структурної схеми автоматизованої системи кліматичного контролю. 3. Проектування програмного забезпечення підсистеми кліматичного контролю.

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

6. Консультанти розділів роботи

7. Дата видачі завдання 29 січня 2025 р.

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Збір інформації, вивчення літератури та пошук додаткової інформації</i>	<i>Березень 2025р</i>	
2	<i>Аналіз принципів побудови систем кліматичного контролю житлових приміщень</i>	<i>Березень 2025р</i>	
3	<i>Розробка структурної схеми автоматизованої системи кліматичного контролю</i>	<i>Квітень 2025р</i>	
4	<i>Проектування програмного забезпечення підсистеми кліматичного контролю</i>	<i>Травень 2025р</i>	
5	<i>Оформлення додатків, дипломної роботи</i>	<i>Червень 2025р</i>	

Студент _____ Копистянський Р.М.

Керівник роботи _____ Лазорів А.М.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	8
1.1 Принципи роботи систем кліматичного контролю.....	8
1.2 Класифікація систем кліматичного контролю.....	10
1.3 Огляд існуючих систем кліматичного контролю житлових приміщень.....	11
1.3.1 Системи кліматичного контролю Honeywell.....	13
1.3.2 Системи кліматичного контролю Tado.....	17
1.4 Переваги та недоліки сучасних систем.....	19
1.5 Ключові компоненти систем кліматичного контролю.....	21
Висновок до розділу.....	24
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ.....	25
2.1 Вибір протоколів передачі даних в системі.....	25
2.2 Вибір платформи керування пристроями.....	26
2.3 Вибір хмарного сервісу дистанційного контролю та керування пристроями.....	27
2.4 Опис структурної схеми.....	29
2.5 Основні вузли та їх технічні характеристики та робота в системі	30
2.6 Розробка принципової схеми.....	39
2.7 Розрахунок елементів схеми.....	42
Висновок до розділу.....	44

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка інформаційної системи кліматичного моніторингу житлових приміщень на базі мікроконтролера Atmega 328PU	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Копистянський Р						3	
Перевір.		Лазорів А.М.							
Реценз.									
Н. Контр.		Лазорів А.М.							
Затверд.		Мельничук С.І.						ІФНТУНГ, КІ-21-2	

3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ	44
3.1 Структура програмного забезпечення.....	44
3.2 Розробка алгоритму роботи підсистеми керування мікрокліматом.....	45
3.3 Підготовка середовища для розробки програмного забезпечення.....	46
3.4 Розробка програмного забезпечення для Arduino.....	50
Висновок до розділу.....	54
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	57
ДОДАТКИ	
Бібліографічна довідка	

ВСТУП

Актуальність роботи. Сучасні технології відіграють ключову роль у підвищенні комфорту та ефективності житлових приміщень. В умовах стрімкого розвитку Інтернету речей (IoT) та інтелектуальних систем автоматизації зростає попит на рішення, що дозволяють не лише контролювати, але й оптимізувати мікроклімат у приміщеннях. Одним із перспективних напрямів розвитку є автоматизовані системи кліматичного контролю, які сприяють створенню комфортного середовища, забезпечують раціональне використання енергоресурсів і мінімізують вплив людського фактора на процеси керування. Актуальність цієї теми обумовлена зростаючими вимогами до якості повітря в житлових приміщеннях, необхідністю підвищення енергоефективності та активним впровадженням розумних технологій у повсякденне життя. Використання таких систем дозволяє не лише покращити умови проживання, а й зменшити витрати електроенергії та тепла завдяки адаптивному керуванню мікрокліматом.

Автоматизовані системи кліматичного контролю базуються на використанні різноманітних сенсорів, які здійснюють вимірювання параметрів повітря, зокрема температури, вологості, атмосферного тиску, швидкості руху повітря, концентрації вуглекислого газу та інших домішок. Отримані дані передаються до обчислювального модуля, який аналізує інформацію та приймає рішення щодо коригування роботи кліматичного обладнання. Це може бути, наприклад, увімкнення або вимкнення кондиціонера, вентиляції, обігрівача чи зволожувача повітря, зміна їхніх робочих параметрів відповідно до встановлених режимів.

Важливим аспектом сучасних систем є можливість дистанційного керування, що реалізується через мобільні додатки або веб-інтерфейси. Це дозволяє користувачам змінювати налаштування системи в режимі реального часу, отримувати сповіщення про зміну параметрів повітря або потенційні

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загрози, наприклад перевищення рівня CO₂ або появу шкідливих газів. Інтеграція з хмарними платформами розширює функціональні можливості таких систем, забезпечуючи довготривале зберігання даних, їхній аналіз та використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування змін мікроклімату та автоматичної оптимізації роботи обладнання.

Автоматизовані кліматичні системи дозволяють значно зменшити витрати електроенергії завдяки розумному розподілу навантаження та використанню енергоефективних режимів роботи. Вони також сприяють покращенню здоров'я мешканців, оскільки забезпечують оптимальний рівень вологості, температуру повітря та знижують ризик розвитку алергічних реакцій через контроль якості повітря.

Мета роботи – створення ефективної, масштабованої та гнучкої системи автоматизації мікроклімату житлових приміщень, що базується на відкритих апаратних і програмних рішеннях, забезпечує стабільність роботи, можливість адаптації та інтеграції з іншими системами

Об'єкт дослідження – розробка та аналіз автоматизованої системи кліматичного контролю житлових приміщень на сучасній елементній базі з використанням програмованих платформ і хмарних технологій для оптимізації процесів керування мікрокліматом.

Методи дослідження – детальний аналіз існуючих принципів побудови систем кліматичного контролю, вивчення підходів до автоматизації вимірювальних процесів; синтез архітектури системи та розробка електричних схем; створення конструкторської та інформаційної документації на систему автоматизованого керування сенсорами та виконавчими пристроями.

У межах роботи здійснено аналіз та обґрунтовано вибір платформ автоматизації й комунікаційних протоколів для децентралізованих систем керування мікрокліматом у розумному будинку. Розроблено концептуальну, функціональну та електричну схеми підсистеми контролю й регулювання опалення житлових приміщень. Створено логіку роботи системи, а також розроблено програмне забезпечення для мікроконтролерного модуля, що

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує безперервний моніторинг і динамічне управління параметрами мікроклімату в реальному часі.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Автоматизовані системи кліматичного контролю спрямовані на створення комфортних умов проживання шляхом регулювання параметрів мікроклімату в приміщеннях. Основними характеристиками таких систем є можливість контролю та управління температурою, вологістю, рівнем вуглекислого газу, швидкістю повітряного потоку та іншими параметрами. Вони базуються на зборі та аналізі даних із датчиків, використанні алгоритмів прийняття рішень і впливі на кліматичне обладнання, таке як кондиціонери, обігрівачі, зволожувачі, вентиляційні системи тощо.

1.1 Принципи роботи систем кліматичного контролю

Системи кліматичного контролю працюють на основі збору даних про навколишнє середовище, аналізу отриманої інформації та автоматичного або ручного регулювання параметрів мікроклімату. Основна мета таких систем – створення комфортних умов для мешканців, забезпечення оптимального використання енергоресурсів та покращення якості повітря.

На першому етапі система отримує дані від датчиків, які вимірюють параметри мікроклімату, такі як температура, вологість, рівень CO₂, атмосферний тиск, якість повітря та інші показники. Дані передаються до центрального контролера через дротові або бездротові комунікаційні протоколи, такі як Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave або Bluetooth.

Зібрані сенсорами показники надходять у контролер або центральний обчислювальний модуль, який аналізує їх та визначає, чи є необхідність у зміні кліматичних параметрів. У деяких випадках для більш точної оцінки використовується штучний інтелект та машинне навчання, що дозволяє передбачати майбутні зміни клімату в приміщенні та адаптувати систему

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно.

На основі аналізу даних контролер відправляє команди виконавчим пристроям, які змінюють параметри мікроклімату. Якщо рівень температури в приміщенні знижується нижче заданого порогу, активується система опалення. При підвищеній вологості включається осушувач повітря. Якщо виявлено підвищений рівень CO₂, активується система вентиляції.

Система кліматичного контролю працює в режимі постійного моніторингу, оновлюючи дані в реальному часі. Це дозволяє користувачам або автоматичним алгоритмам оперативно реагувати на зміни та вносити корективи в роботу системи. Користувачі можуть контролювати кліматичну систему через інтуїтивно зрозумілі інтерфейси, такі як мобільні додатки, веб-платформи або голосові асистенти. Деякі системи мають можливість самонавчання, що дозволяє їм адаптувати параметри роботи відповідно до вподобань користувача та його звичок.

Сучасні автоматизовані системи кліматичного контролю використовують такі технології, як Інтернет речей (IoT), що дозволяє пристроям взаємодіяти між собою, передавати дані на віддалені сервери для аналізу та зберігання. Хмарні обчислення використовуються для централізованого зберігання інформації, її обробки та забезпечення віддаленого доступу до системи. Штучний інтелект та машинне навчання забезпечують автоматичну адаптацію системи до змін навколишнього середовища, прогнозування температурних коливань та оптимізацію роботи кліматичних пристроїв. Енергоефективні технології спрямовані на мінімізацію споживання енергії за рахунок оптимального використання ресурсів, наприклад, регулювання роботи опалення залежно від рівня зайнятості приміщення.

За способом управління та реалізації системи кліматичного контролю поділяються на автономні системи, які працюють за попередньо заданими налаштуваннями без можливості взаємодії з іншими пристроями, інтелектуальні системи, які використовують датчики та алгоритми штучного інтелекту для адаптивного регулювання параметрів мікроклімату, та інтегровані системи, які

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поєднують управління кліматом з іншими компонентами розумного будинку, такими як освітлення, безпека та енергозбереження [1,2].

1.2 Класифікація систем кліматичного контролю

Системи кліматичного контролю класифікуються за різними критеріями, такими як рівень автоматизації, спосіб керування, масштаб охоплення, тип використовуваних технологій та функціональні можливості. Детальний розгляд цих класифікацій дозволяє краще зрозуміти особливості та можливості різних підходів до управління мікрокліматом у житлових приміщеннях.

За рівнем автоматизації виділяють ручні, напівавтоматичні та повністю автоматизовані системи. Ручні системи вимагають безпосередньої участі користувача для налаштування параметрів (наприклад, встановлення температури на кондиціонері або обігрівачі). Напівавтоматичні системи можуть працювати за попередньо заданими параметрами, змінюючи режим роботи залежно від часу доби або зовнішніх умов. Автоматизовані системи використовують датчики, алгоритми аналізу даних та штучний інтелект для самостійного визначення оптимальних параметрів мікроклімату та їх регулювання без втручання людини.

За способом керування системи поділяються на локальні та дистанційні. Локальні системи керуються безпосередньо з панелі управління, розташованої в приміщенні. Дистанційні системи дозволяють керувати параметрами мікроклімату через мобільні додатки, веб-інтерфейси або голосові асистенти.

За масштабом охоплення системи можуть бути індивідуальними та централізованими. Індивідуальні системи обслуговують окреме приміщення або зону, наприклад, кондиціонер чи локальний обігрівач. Централізовані системи керують мікрокліматом у всьому будинку або будівлі, об'єднуючи всі пристрої в єдину мережу з централізованим контролем.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За типом використовуваних технологій розрізняють дротові та бездротові системи. Дротові системи мають високу стабільність роботи, але потребують складного монтажу та розведення комунікацій. Бездротові системи використовують технології зв'язку, такі як Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave або Bluetooth, що спрощує їх установку, але може знижувати надійність через можливі перешкоди в бездротових мережах.

За функціональними можливостями можна виділити базові, розширені та інтелектуальні системи. Базові системи включають лише найнеобхідніші функції, такі як регулювання температури чи вологості. Розширені системи можуть додатково контролювати якість повітря, рівень CO₂, атмосферний тиск, вміст шкідливих газів. Інтелектуальні системи використовують алгоритми машинного навчання та штучний інтелект для адаптації до поведінки користувача та оптимізації енергоспоживання.

Сучасні системи кліматичного контролю все частіше інтегруються у концепцію розумного будинку, що дозволяє об'єднувати їх з іншими автоматизованими рішеннями, такими як управління освітленням, безпекою, енергозбереженням. Такі комплексні рішення значно підвищують комфорт користувачів, забезпечують економію ресурсів та підвищують загальну ефективність житлових систем [3].

1.3 Огляд існуючих систем кліматичного контролю житлових приміщень

Огляд існуючих систем кліматичного контролю житлових приміщень дозволяє оцінити сучасні технологічні рішення, їхні особливості, можливості та обмеження. Розвиток таких систем спрямований на забезпечення енергоефективності, автоматизації та інтеграції з технологіями «Розумного будинку». Основними напрямками удосконалення є підвищення точності вимірювань, оптимізація витрат енергії та адаптація до потреб користувачів.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасні системи кліматичного контролю можна класифікувати за функціональністю, рівнем автоматизації та типом енергоспоживання. Залежно від виконуваних завдань виділяють системи опалення та охолодження, вентиляції та очищення повітря, зволоження та осушення, а також моніторингу якості повітря. Опалення та охолодження забезпечується котлами, тепловими насосами, радіаторами, підлоговим обігрівом або кондиціонерами. Вентиляційні системи можуть бути механічними або природними, а також включати рекуператори та фільтри для очищення повітря від пилу, алергенів і шкідливих речовин. Системи зволоження та осушення повітря підтримують оптимальний рівень вологості, запобігаючи утворенню плісняви або надмірному пересушуванню повітря. Сучасні сенсорні системи моніторингу дозволяють контролювати рівень CO², летких органічних сполук, рівень кисню та інші параметри.

За рівнем автоматизації розрізняють механічні, автоматизовані та інтелектуальні системи. Механічні керуються вручну за допомогою регуляторів або перемикачів. Автоматизовані використовують датчики для моніторингу та регулювання кліматичних параметрів без участі користувача. Інтелектуальні системи застосовують алгоритми машинного навчання для адаптації до поведінки користувача, прогнозування змін температури та вологості, інтегруються з мобільними додатками або голосовими асистентами.

Тип енергоспоживання також визначає ефективність та економічність систем. Традиційні електричні системи працюють на електроенергії без додаткових енергоощадних механізмів. Гібридні системи поєднують традиційні джерела енергії з відновлюваними, такими як сонячні батареї або геотермальне опалення. Системи з енергозбереженням оснащені технологіями рекуперації тепла, що дозволяє мінімізувати втрати енергії.

Серед найбільш поширених рішень для житлових приміщень можна виділити розумні термостати, мультизональні кліматичні системи, рекупераційні системи вентиляції, системи з дистанційним керуванням та інтегровані платформи для Розумного будинку. Розумні термостати (Nest, Ecobee, Honeywell,

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Tado) дозволяють автоматично регулювати температуру відповідно до розкладу користувача, забезпечуючи оптимізацію витрат енергії. Мультизональні кліматичні системи дозволяють регулювати температуру окремо для кожної кімнати, що підвищує комфорт і зменшує витрати на опалення та кондиціонування. Рекупераційні системи вентиляції зберігають тепло під час вентиляції, зменшуючи енергоспоживання в холодну пору року. Системи з дистанційним керуванням інтегруються з мобільними додатками або голосовими асистентами, дозволяючи змінювати налаштування клімату з будь-якої точки світу. Інтегровані платформи для Розумного будинку (Google Home, Apple HomeKit, Amazon Alexa) дозволяють централізовано керувати кліматичними пристроями, що забезпечує комплексний підхід до автоматизації житлового простору.

Сучасні тенденції розвитку кліматичних систем спрямовані на підвищення рівня автономності, використання адаптивного керування на основі штучного інтелекту та глибоку інтеграцію з пристроями IoT. Це забезпечує максимальний комфорт для мешканців із мінімальними витратами енергії та екологічним впливом [4,5].

1.3.1 Системи кліматичного контролю Honeywell

Компанія Honeywell є світовим лідером у сфері автоматизації, електроніки, енергетики та систем комфорту. Вона відома своїми інноваційними рішеннями для інтелектуального керування будинком, зокрема кліматичним контролем.

Honeywell широко застосовує розумні технології для управління мікрокліматом, поєднуючи зручність використання та ефективне енергоспоживання. Пристрої компанії сприяють підвищенню комфорту у приміщеннях, оптимізації витрат енергії та зменшенню екологічного впливу.

Основні категорії пристроїв Honeywell:

1. Розумні термостати – автоматичне керування температурою для енергоефективності. Приклад: Honeywell Lyric Round Wi-Fi Thermostat 2nd Generation (рис. 1.1).

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Honeywell Lyric Round Wi-Fi Thermostat 2nd Generation

Honeywell Lyric Round Wi-Fi Thermostat 2nd Generation – це розумний термостат, що забезпечує автоматичне регулювання температури в приміщенні. Він підтримує керування через Wi-Fi, мобільний додаток та голосові помічники, такі як Alexa та Google Assistant.

Основні характеристики: дисплей – сенсорний екран з підсвічуванням; функція геолокації – автоматично регулює температуру, коли мешканці покидають або повертаються додому; інтеграція з розумним будинком – підтримує Apple HomeKit, SmartThings та IFTTT; голосове керування – працює з Amazon Alexa та Google Assistant; автоматичні оновлення – отримує оновлення програмного забезпечення через Wi-Fi; режим економії енергії – аналізує звички користувачів і коригує температуру для оптимального використання ресурсів. Цей термостат допомагає зменшити витрати на опалення та кондиціонування завдяки автоматичному налаштуванню температури відповідно до поведінки мешканців.

2. Датчики температури та вологості – забезпечують точний контроль мікроклімату.

Приклад: Honeywell НІН-4000-001 – датчик температури та вологості (рис.1.2).

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Honeywell НН-4000-001 – це аналоговий датчик відносної вологості, який забезпечує високу точність вимірювань та стабільність роботи. Він використовується в кліматичних системах, автоматизації приміщень, медичних пристроях та промислових застосуваннях.

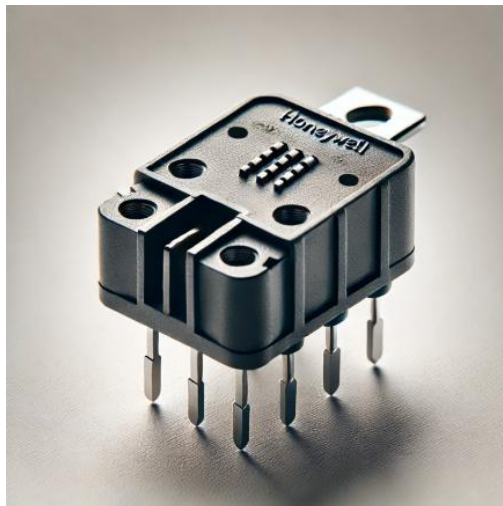


Рисунок 1.2 – Honeywell НН-4000-001

3. Очищувачі та зволожувачі повітря – для покращення якості повітря у приміщенні. Приклад: Honeywell НРА 830 WE4 (рис. 1.3).

Honeywell НРА 830 WE4 – це високоефективний очищувач повітря, розроблений для покращення якості повітря у приміщеннях. Завдяки багаторівневій системі фільтрації він ефективно видаляє пил, алергени, бактерії та неприємні запахи, створюючи комфортне та здорове середовище.



Рисунок 1.3 – Очищувач повітря Honeywell НРА830WE4

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Системи вентиляції – підтримують циркуляцію свіжого повітря (рис. 1.4).

Honeywell HYF260E4 – це сучасний та ефективний підлоговий вентилятор із турбопотокком, що забезпечує потужний повітряний потік при низькому рівні шуму. Його стильний дизайн та продуманий функціонал роблять його ідеальним рішенням для охолодження приміщень у жарку погоду.



Рисунок 1.4 – Вентилятор HONEYWELL HYF260E4

Honeywell Home T9 Smart Thermostat – це інтелектуальний пристрій для керування температурою в будинку, який менше 2 Вт у режимі очікування, комунікація через Wi-Fi (2.4 ГГц, 802.11 b/g/n) та Bluetooth Low Energy (BLE), сумісність із різними системами опалення, вентиляції та кондиціонування. Функціональні можливості: зональний контроль до 20 бездротових датчиків температури, інтелектуальне навчання, автоматичне перемикання режимів за геолокацією, сенсор Farsight для відображення температури, погоди або часу, віддалене керування через мобільний додаток, голосове керування за допомогою Amazon Alexa, Google Assistant та Apple Home Kit, режим Eco для економії енергії. Датчики: вбудовані сенсори температури, вологості, руху, можливість підключення зовнішніх датчиків для контролю умов у різних зонах будинку. Переваги: енергозбереження та зменшення витрат на опалення та кондиціонування, інтелектуальна автоматизація, просте керування через сенсорний дисплей, смартфон або голосові команди, можливість створення комфортного мікроклімату у різних кімнатах. Honeywell Home T9 Smart

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Thermostat – це сучасне рішення для розумного дому, яке дозволяє не лише підвищити комфорт, а й значно знизити енергоспоживання. поєднує в собі передові технології, зручність використання та енергоефективність. Завдяки підтримці бездротових датчиків температури та вологості, він дозволяє створювати комфортні умови у всіх кімнатах (див. рис. 1.5) [6,7].

1.3.2 Системи кліматичного контролю Tado

Системи кліматичного контролю Tado – це розумні пристрої для керування опаленням і кондиціонуванням, які забезпечують комфорт, економію енергії та зручність використання. Вони інтегруються з системами розумного дому та дозволяють керувати кліматом через мобільний додаток або голосові команди.

Основні пристрої:

1. Tado Smart AC Control V3+ – розумний контролер для кондиціонерів, що працює через інфрачервоний зв'язок. Замінює стандартний пульт дистанційного керування, дозволяючи управляти кондиціонером через додаток Tado, голосові асистенти (Alexa, Google Assistant, Siri) та автоматичні режими. Основні функції: геолокація для автоматичного ввімкнення/вимкнення кондиціонера залежно від розташування користувача, розумний розклад для налаштування режимів роботи, енергозбереження завдяки аналізу використання, сенсорний LED-дисплей, живлення через USB-C, Wi-Fi 2.4 ГГц.



Рисунок 1.5 – Honeywell Home T9Smart Thermostat

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Tado Smart Thermostat – розумний термостат для опалювальних систем. Підтримує керування радіаторами, підлоговим опаленням, газовими та електричними котлами. Основні можливості: зональний контроль завдяки окремим термоголовкам, автоматичне керування опаленням на основі присутності мешканців, інтеграція з голосовими асистентами, економія енергії до 31% завдяки оптимізації роботи системи опалення, віддалене керування через мобільний додаток.

3. Tado Smart AC Control V3+ (рис. 1.6) – це розумний контролер для кондиціонерів, який забезпечує зручне управління кліматом у приміщенні через мобільний додаток або голосові команди. Розміри: 100 × 100 × 15 мм. Вага: 70г. Корпус: білий матовий пластик. Живлення: USB-C (5 В, 1 А). Зв'язок: Wi-Fi 2.4 ГГц (802.11 b/g/n), інфрачервоний передавач (радіус до 6м). Сумісність: підтримує всі кондиціонери, що працюють через ІЧ-пульт, інтеграція з Google Assistant, Amazon Alexa, Apple HomeKit, IFTTT. Робоча температура: 0°C – +50°C. Вологість: до 95% (без конденсації). Функціональні можливості: інтелектуальне керування – дистанційне управління через мобільний додаток для iOS та Android; геолокація – автоматичне вмикання та вимикання кондиціонера залежно від місцезнаходження користувача; розумний розклад – можливість налаштування графіка роботи кондиціонера; моніторинг повітря – аналіз якості повітря та погодних умов у реальному часі; енергозбереження – рекомендації щодо оптимального використання кондиціонера; голосове керування – підтримка Alexa, Google Assistant та Siri; історія використання – перегляд звітів про роботу пристрою та енергоспоживання. Tado Smart AC Control V3+ дозволяє зробити будь-який кондиціонер частиною екосистеми розумного будинку, підвищуючи комфорт та знижуючи витрати на електроенергію.

Переваги систем Tado:

1 Економія енергії – автоматичне зниження витрат на опалення та кондиціонування завдяки геолокації та розумним алгоритмам.

2 Інтуїтивне керування – можливість налаштування через додаток, голосові команди або сенсорні панелі.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Комфорт – підтримка оптимальної температури у всіх зонах приміщення завдяки зональному контролю.

4 Інтеграція з розумним будинком – сумісність із Google Assistant, Amazon Alexa, Apple HomeKit, IFTTT [8,9].



Рисунок 1.6 – Smart AC ControlV3+

Системи кліматичного контролю Tado – це ефективне рішення для розумного керування мікрокліматом у будинку, яке допомагає знизити витрати на енергоспоживання, забезпечуючи комфортні умови для мешканців.

Таким чином, сучасні системи кліматичного контролю від Honeywell і Tado пропонують широкий спектр функцій для підвищення комфорту та оптимізації енергоспоживання. Вони забезпечують інтелектуальне керування температурою, вологістю та повітряними потоками в приміщенні, що дозволяє покращити якість життя користувачів [8,9].

1.4 Переваги та недоліки сучасних систем

Сучасні системи кліматичного контролю мають низку переваг та недоліків, які визначають їхню ефективність, зручність використання, економічну доцільність та вплив на довкілля.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До основних переваг можна віднести:

1. Енергоефективність – сучасні системи використовують розумні алгоритми для оптимізації споживання енергії, що дозволяє знизити витрати на опалення, охолодження та вентиляцію.

2. Підвищений комфорт – автоматизоване керування температурою, вологістю, вентиляцією та якістю повітря дозволяє створювати оптимальні умови для проживання.

3. Дистанційне керування – інтеграція з мобільними додатками, голосовими асистентами та хмарними платформами дає змогу користувачам контролювати систему з будь-якої точки світу.

4. Гнучкість налаштувань – можливість встановлення індивідуальних сценаріїв роботи залежно від часу доби, кількості людей у приміщенні, погодних умов тощо.

5. Інтеграція з іншими системами розумного будинку – об'єднання кліматичних систем із освітленням, безпекою та побутовою технікою дозволяє створювати комплексні автоматизовані рішення.

6. Моніторинг якості повітря – контроль рівня CO₂, забруднень та інших параметрів дозволяє своєчасно реагувати на зміни мікроклімату, що особливо важливо для дітей, людей з алергіями або хронічними захворюваннями.

7. Довговічність та низькі експлуатаційні витрати – завдяки самодіагностиці та прогнозуванню можливих збоїв система може мінімізувати ризики несправностей та потребу в частому обслуговуванні.

Разом з тим існують і недоліки:

1. Висока вартість впровадження – придбання, встановлення та налаштування сучасних кліматичних систем може потребувати значних фінансових вкладень.

2. Складність налаштування – деякі системи потребують професійного монтажу та конфігурації, що може створити додаткові витрати та ускладнення для користувачів.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Залежність від інтернет-з'єднання – у випадку відсутності доступу до мережі або збоїв у хмарних сервісах дистанційне керування та автоматичні сценарії можуть працювати некоректно.

4. Проблеми безпеки та конфіденційності – через можливість кібератак або витоку даних зломисники можуть отримати доступ до системи та втручатися в її роботу.

5. Енергоспоживання в режимі очікування – хоч такі системи й оптимізують споживання енергії, деякі компоненти (датчики, контролери, комунікаційні модулі) можуть постійно споживати електроенергію навіть у неактивному стані.

6. Обмежена сумісність з іншими пристроями – різні виробники використовують власні стандарти та протоколи зв'язку, що може ускладнити інтеграцію окремих компонентів в єдину систему.

7. Можливість програмних помилок – автоматизовані системи базуються на програмному забезпеченні, яке може містити помилки, потребувати оновлення та технічної підтримки.

Попри наявні недоліки, сучасні системи кліматичного контролю продовжують удосконалюватися, покращуючи свою енергоефективність, функціональність та безпеку. Вони є важливою складовою концепції розумного будинку та сприяють підвищенню якості життя, зменшенню екологічного впливу та раціональному використанню ресурсів [10].

1.5 Ключові компоненти систем кліматичного контролю

Системи кліматичного контролю включають набір апаратних і програмних компонентів, які забезпечують їх ефективне функціонування. Кожен із цих компонентів відіграє важливу роль у підтримці необхідного мікроклімату в приміщенні. Розглянемо їх детальніше:

Давачі параметрів середовища.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Давачі (сенсори) є основним джерелом інформації для системи кліматичного контролю. Вони дозволяють отримувати дані про навколишнє середовище та оцінювати зміни параметрів мікроклімату. Основні види сенсорів, що використовуються:

– Давачі температури (наприклад, цифрові сенсори DS18B20, DHT22) – вимірюють поточну температуру в приміщенні з високою точністю.

– Давачі вологості (DHT11, DHT22) – контролюють рівень відносної вологості повітря, що важливо для підтримки комфортних умов.

– Давачі рівня CO₂ (MH-Z19, SCD30) – моніторять вміст вуглекислого газу в повітрі, що особливо актуально для житлових приміщень, офісів і навчальних закладів.

– Давачі якості повітря (MQ-135, CCS811) – аналізують концентрацію летких органічних сполук, формальдегідів і чадного газу.

– Давачі атмосферного тиску (BMP180, BMP280) – використовуються для моніторингу змін погодних умов та впливу на мікроклімат приміщення.

– Давачі освітленості (BH1750) – визначають рівень освітлення та можуть використовуватися для управління шторами або інтенсивністю штучного освітлення.

Сенсори передають дані в систему в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на зміни параметрів навколишнього середовища.

Контролери та обчислювальні модулі.

Контролери є центральними елементами системи кліматичного контролю. Вони отримують дані від давачів, аналізують їх та приймають рішення про зміну параметрів роботи виконавчих пристроїв. Основні технології, що використовуються для керування системами кліматичного контролю:

– Мікроконтролери (ESP32, Arduino, STM32) – підходять для локального керування окремими підсистемами, такими як регулювання температури чи вентиляції.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Одноплатні комп'ютери (Raspberry Pi) – забезпечують складніші алгоритми аналізу, наприклад, з використанням машинного навчання для прогнозування змін клімату.

– Програмовані логічні контролери (PLC) – використовуються в промислових і великих автоматизованих системах для управління мікрокліматом у масштабних приміщеннях.

Контролери можуть працювати за попередньо запрограмованими алгоритмами або мати можливість самонавчання через адаптивні системи керування.

Виконавчі пристрої.

Виконавчі пристрої відповідають за безпосереднє регулювання клімату в приміщенні. Вони отримують команди від контролерів і змінюють параметри середовища. До основних виконавчих пристроїв відносяться:

– Системи опалення – електричні обігрівачі, теплові насоси, підлогове опалення, які підтримують оптимальну температуру в приміщенні.

– Системи кондиціонування та охолодження – кондиціонери та вентилятори, що забезпечують регулювання температури в теплий період року.

– Системи вентиляції – механізми, що забезпечують обмін повітря в приміщенні, видаляючи вуглекислий газ та леткі органічні сполуки.

– Системи зволоження та осушення повітря – зволожувачі підтримують комфортний рівень вологості, що важливо для здоров'я мешканців, а осушувачі запобігають утворенню цвілі та підвищеній вологості.

Інтерфейси користувача.

Інтерфейси користувача надають можливість взаємодії із системою кліматичного контролю та налаштування параметрів її роботи. Основні варіанти інтерфейсів включають:

– Мобільні додатки – забезпечують дистанційний контроль за кліматичною системою через смартфон або планшет.

– Веб-інтерфейси – дозволяють керувати кліматичними параметрами через браузер на комп'ютері або ноутбуці.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Голосові асистенти (Google Assistant, Amazon Alexa) – дозволяють використовувати голосові команди для зміни параметрів мікроклімату.

Модулі зв'язку

Для забезпечення обміну даними між компонентами системи використовуються різні технології зв'язку:

– Wi-Fi – дозволяє з'єднувати кліматичну систему з хмарними платформами для аналізу та моніторингу даних.

Висновок до розділу

Аналіз принципів побудови систем кліматичного контролю показує, що такі системи відіграють важливу роль у створенні комфортного та енергоефективного житла. Вони дозволяють гнучко керувати параметрами мікроклімату, мінімізуючи втрати енергії та забезпечуючи високий рівень комфорту. Було розглянуто основні принципи функціонування кліматичних систем, зокрема збір даних за допомогою сенсорів, обробку інформації та прийняття керуючих рішень на основі заздалегідь заданих параметрів. Використання інноваційних технологій, таких як інтелектуальні алгоритми керування та хмарні платформи, відкриває нові можливості для підвищення ефективності цих систем. Оцінено переваги та недоліки сучасних систем, що є основою для формування вимог до власного проєкту автоматизованої системи кліматичного контролю, орієнтованої на доступність, надійність та функціональність.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ

Розробка структурної схеми автоматизованої системи кліматичного контролю передбачає визначення основних функціональних блоків та їх взаємодії. Система складається з датчиків температури, вологості та якості повітря, мікроконтролерного модуля для обробки даних, виконавчих пристроїв (реле, вентиляторів, клапанів), а також комунікаційних модулів для зв'язку з мобільним додатком та сервером управління. Інтеграція з платформою Home Assistant та використання протоколу MQTT забезпечують централізоване керування та віддалений моніторинг.

2.1 Вибір протоколів передачі даних в системі

Протоколи передачі даних визначають, як інформація передається між пристроями. Вони класифікуються за рівнями моделі OSI: фізичний (Ethernet, Wi-Fi), канальний (Bluetooth, Zigbee), мережевий (IP), транспортний (TCP, UDP), прикладний (HTTP, MQTT).

Zigbee – енергоефективний бездротовий стандарт для автоматизації будинку, що працює на базі IEEE 802.15.4. Він підтримує mesh-мережу, має низьке енергоспоживання та використовується в датчиках і системах керування. Основні компоненти Zigbee-мережі: шлюз (зв'язок із зовнішніми мережами), координатор (створює і керує мережею), маршрутизатор (розширює покриття), кінцевий пристрій (датчики, виконавчі модулі).

MQTT – легкий протокол обміну повідомленнями, що працює за моделлю «публікація-підписка». Клієнти можуть надсилати або отримувати дані через брокер. MQTT мінімізує трафік, підтримує рівні якості обслуговування (QoS) і оптимізований для IoT.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Wi-Fi (IEEE 802.11) забезпечує високу швидкість передачі даних і широко використовується для підключення пристроїв до інтернету. Його переваги – велика пропускна здатність, зручність та сумісність із більшістю пристроїв.

Bluetooth (BLE) – енергоефективний стандарт для коротких дистанцій, що використовується в носимих пристроях і розумних датчиках.

Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth і MQTT – основні протоколи IoT. Wi-Fi підходить для високошвидкісної передачі даних, Zigbee – для енергоефективних мереж автоматизації, Bluetooth – для зв'язку на короткі відстані, а MQTT – для оптимізованого обміну повідомленнями. Вибір залежить від вимог до енергоспоживання, швидкості та архітектури мережі [11].

2.2 Вибір платформи керування пристроями

Home Assistant – популярна платформа для автоматизації розумного будинку з відкритим кодом, що дозволяє інтегрувати та керувати IoT-пристроями через єдиний інтерфейс. Вона забезпечує приватність завдяки локальній обробці даних, що зменшує залежність від хмарних сервісів. Завдяки широкій підтримці пристроїв та протоколів (Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, MQTT) Home Assistant є гнучкою та розширюваною платформою, що дозволяє налаштовувати автоматизації через YAML і створювати власні інтеграції. Система сумісна з популярними виробниками, такими як Philips, Xiaomi, Honeywell, Google Nest, а її відкритий вихідний код сприяє активному розвитку спільноти.

Home Assistant працює як центральний хаб, встановлюючись на локальний сервер, зокрема Raspberry Pi, Linux, Windows або Docker-контейнери. Його модульна архітектура підтримує тисячі інтеграцій, дозволяючи користувачам створювати гнучкі автоматизації. Наприклад, можна налаштувати ввімкнення освітлення при русі, регулювання температури за часом доби чи отримання повідомлень про відкриття дверей.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні поняття платформи включають: інтеграції (Integration) – модулі для підключення пристроїв, наприклад, Philips Hue, Zigbee2MQTT, MQTT; автоматизації (Automation) – правила, що визначають реакцію системи на події за тригерами, умовами та діями; сцени (Scenes) – попередньо налаштовані сценарії, що змінюють стан кількох пристроїв одночасно, наприклад, "Нічний режим"; сутності (Entities) – усі пристрої та служби, представлені у вигляді об'єктів, наприклад, лампа – light, датчик температури – sensor; шлюзи (Gateway) – пристрої або програмне забезпечення для об'єднання пристроїв, що працюють за певним протоколом, наприклад, Zigbee2MQTT; логіка автоматизації (Blueprints) – шаблони, що спрощують створення автоматизацій.

Підтримувані протоколи включають Wi-Fi, який забезпечує швидкий доступ до пристроїв без додаткових шлюзів, але має високе енергоспоживання; Zigbee, що створює енергоефективні mesh-мережі, ідеальні для автоматизації будинку, інтегруючись через шлюзи; Bluetooth (BLE), який підходить для пристроїв з низьким енергоспоживанням, таких як датчики температури чи руху; MQTT, що виступає універсальним протоколом для обміну повідомленнями між пристроями, дозволяючи легко інтегрувати DIY-рішення та сторонні платформи в екосистему Home Assistant [12].

2.3 Вибір хмарного сервісу дистанційного контролю та керування пристроями

Сучасні IoT-системи потребують надійних хмарних сервісів для дистанційного моніторингу та керування пристроями. Одним із найпопулярніших рішень є Blynk – універсальна хмарна платформа, що використовується у промислових, корпоративних та приватних IoT-проектах. Вона надає зручний інтерфейс для керування пристроями через мобільний додаток і підтримує широкий спектр мікроконтролерів, включаючи ESP8266, ESP32, Arduino, Raspberry Pi.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні переваги Blynk:

Простота використання – інтуїтивний drag-and-drop редактор дозволяє швидко створювати інтерфейси без необхідності глибокого програмування.

Широка сумісність – підтримка різних мікроконтролерів та платформ дає змогу легко інтегрувати IoT-рішення.

Гнучкість інтерфейсу – користувач може додавати кнопки, перемикачі, графіки, датчики для візуалізації даних та управління пристроями.

Підтримка різних протоколів зв'язку – Blynk працює з MQTT, HTTP, WebSocket, що дозволяє обирати оптимальний спосіб підключення.

Автоматизація – вбудовані сценарії дозволяють створювати розумні алгоритми для взаємодії пристроїв без постійного втручання користувача. Інтеграція Blynk з Home Assistant Home Assistant може працювати разом із Blynk, що значно розширює можливості автоматизації. Для цього використовується MQTT-брокер, який забезпечує обмін даними між платформами в реальному часі. Наприклад, якщо датчик температури у Blynk виявляє зміну, Home Assistant може автоматично активувати опалення або вентиляцію. Це створює ефективну систему управління без необхідності ручного втручання.

Переваги інтеграції Blynk з Home Assistant:

Мобільний доступ – управління пристроями через смартфон у будь-якій точці світу.

Розширена автоматизація – створення складних сценаріїв, що реагують на зміни в системі в реальному часі.

Гнучкість налаштувань – можливість створювати кастомізовані інтерфейси для зручності користувачів.

Підвищена безпека – можливість розгортання приватного сервера Blynk, що підвищує захист даних від стороннього доступу.

Завдяки поєднанню Home Assistant та Blynk, користувач отримує потужну систему керування розумним будинком, яка поєднує локальну автономність з хмарними можливостями віддаленого доступу. Це дозволяє забезпечити комфорт, енергоефективність та безпеку в автоматизованих системах [13,14].

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різними комунікаційними протоколами, такими як Wi-Fi, Zigbee, Matter, MQTT, Ethernet.

До локального сервера через Wi-Fi маршрутизатор TP-Link підключається координатор Zigbee, який виконує функцію шлюза для пристроїв, що працюють за цим протоколом. Він забезпечує з'єднання та управління датчиками та виконавчими механізмами, підтримуючи також протокол Matter, що розширює можливості інтеграції.

Для моніторингу параметрів повітря та керування кліматичними пристроями в систему включено Arduino, який підключається до Home Assistant і взаємодіє з датчиками CO, CH₂, CO₂, температури, а також із виконавчими механізмами, такими як приводи поворотних клапанів радіаторів опалення. Управління температурними режимами здійснюється через обмін даними за допомогою протоколу MQTT, що дозволяє ефективно взаємодіяти з пристроями в різних приміщеннях.

Для віддаленого моніторингу та керування системою використовується хмарний сервіс Blynk, який забезпечує інтеграцію мобільного додатка з локальним сервером через Інтернет. Користувач отримує доступ до даних датчиків у реальному часі та можливість керування параметрами мікроклімату через смартфон, використовуючи 4G-з'єднання або Wi-Fi. Маршрутизатор TP-Link здійснює підключення локальної мережі до сервісу Blynk для забезпечення безперервного доступу [15].

Завдяки такій структурі система забезпечує гнучкість, масштабованість і надійність, дозволяючи ефективно контролювати параметри повітряного середовища та забезпечувати комфортні умови в приміщеннях.

2.5 Основні вузли та їх технічні характеристики та робота в системі

Для створення системи були обрані такі компоненти.

Raspberry Pi 4 Model B – це потужний одноплатний комп'ютер з процесором ARM Cortex-A72 (1.5 GHz, 64-bit quad-core), доступний в варіантах з

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 GB, 4 GB або 8 GB LPDDR4-3200 SDRAM. Має 2 порти USB 3.0, 2 порти USB 2.0, Gigabit Ethernet, Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 5.0, 2 HDMI порти (4K підтримка), 40 пінів GPIO для підключення периферії, microSD слот для зберігання операційної системи та USB-C для живлення. Raspberry Pi 4 має високу обчислювальну потужність для обробки даних і запуску ресурсозатратних додатків, таких як веб-сервери, аналітика або відображення даних. З його допомогою можна підключати Arduino Nano 33 IoT для збору даних з сенсорів і подальшої їх обробки. Raspberry Pi забезпечує гнучкість підключення до мережі через Ethernet чи Wi-Fi і дозволяє створювати віддалені інтерфейси для моніторингу і управління кліматом у приміщеннях. Передає інформацію на віддалений сервер або користувачу через MQTT (рис. 2.2) [16].



Рисунок 2.2 – Raspberry Pi 4

Arduino Nano 33 IoT — компактний мікроконтролерний модуль на базі чипа SAMD21 Cortex-M0+, спеціально спроектований для роботи в IoT-середовищах. Цей мікроконтролер включає вбудований модуль u-blox NINA-W102, що забезпечує бездротове підключення через Wi-Fi та Bluetooth Low Energy (BLE). Це дозволяє Arduino Nano 33 IoT бути основним елементом у проектах, що потребують взаємодії з мережею та іншими пристроями.

Ключові функції та можливості:

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Зчитування даних. Arduino Nano 33 IoT здатний зчитувати показники з підключених сенсорів, таких як DHT22 для температури та вологості, або газових сенсорів (MQ-135, MQ-4, MQ-7) для моніторингу якості повітря.

2. Передача даних. Дані, що зчитуються з сенсорів, передаються через Wi-Fi або Bluetooth на Raspberry Pi, що виконує обробку або зберігання даних.

3. Автономне управління. У разі втрати зв'язку з Raspberry Pi, Arduino Nano 33 IoT може автономно управляти виконавчими механізмами, такими як центральні регулятори температури або вентилятори, завдяки вбудованій логіці та програмуванню.

Цей мікроконтролер є універсальним для багатьох IoT-проектів завдяки своїй компактності, простоті використання та потужним можливостям бездротового зв'язку.

Arduino Nano 33 IoT – компактний мікроконтролерний модуль (рис.2.3), побудований на базі чипа SAMD21 Cortex-M0+. Він призначений для роботи в IoT-середовищах та забезпечує бездротове підключення через Wi-Fi і Bluetooth Low Energy (BLE) завдяки інтегрованому модулю u-blox NINA-W102. Виконує функцію зчитування показників з підключених сенсорів і передає їх на Raspberry Pi. Також може автономно керувати виконавчими механізмами в разі втрати зв'язку [17].



Рисунок 2.3 – Мікроконтролерний модуль Arduino Nano 33 IoT

DHT22 (Датчик температури та вологості) - Контролює температуру і вологість у приміщенні (рис. 2.4). Сенсор використовує ємнісний елемент для визначення рівня вологості та термістор для вимірювання температури. Отримані дані перетворюються у цифровий сигнал за допомогою

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вбудованого аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) і передаються до мікроконтролера через однопровідний інтерфейс. Перед початком роботи мікроконтролер повинен ініціалізувати сенсор.

Діапазон температур: -40°C до 80°C , точність $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Діапазон вологості: 0-100% RH, точність $\pm 2-5\%$ RH.

Живлення: 3.3V - 5V.

Інтерфейс: 1-Wire [18].



Рисунок 2.4 – Датчик температури та вологості DHT22

Модуль сенсора якості повітря MQ-135– це напівпровідниковий газовий датчик, призначений для вимірювання рівня забруднення повітря шляхом концентрації шкідливих газів, таких як аміак (NH_2), оксиди азоту (NO_x), вуглекислий газ (CO_2), бензол, дим та інші леткі органічні сполуки (VOC).

Принцип роботи.

Чутливий елемент сенсора виготовлений на основі оксиду металу (SnO_2), який змінює електричний опір залежно від концентрації газів у навколишньому середовищі. У присутності забруднюючої речовини опір зменшується, що призводить до зміни вихідної напруги.

MQ-135 потребує певного часу для прогріву (від 2 до 5 хвилин), під час якого сенсор стабілізується та забезпечує точні вимірювання. Він має як аналоговий вихід (для отримання точних значень концентрації газів), так і цифровий вихід, що активується при перевищенні встановленого порогу.

Застосування.

MQ-135 широко використовується у системах моніторингу якості повітря в

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщеннях, розумних системах вентиляції та кондиціонування, екологічних системах для вимірювання забруднення атмосфери, пристроях для контролю промислових викидів та викидів транспорту, побутових і промислових детекторах газу та диму.

Інтеграція з мікроконтролерами.

MQ-135 (рис. 2.5) легко підключається до платформи Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi та інших мікроконтролерів через аналоговий або цифровий вихід. При інтеграції в систему автоматизації, наприклад, у Home Assistant, сенсор може передавати дані через MQTT-брокер або хмарні сервіси, такі як Blynk, для віддаленого моніторингу та оповіщення користувачів [19].

Робоча напруга: 5V.



Рисунок 2.5 – Модуль сенсора якості повітря MQ-135

MQ-4 (датчик метану) MQ-4 – це напівпровідниковий датчик, призначений для виявлення метану (CH_4) та природного газу в повітрі (рис. 2.6). Він широко застосовується в системах безпеки, моніторингу якості повітря та автоматизованих системах кліматичного контролю. Датчик відзначається високою чутливістю, швидким відгуком і стабільністю роботи, що робить його ефективним рішенням для виявлення витоків газу.

Технічні характеристики: Чутливість: метан (CH_4), природний газ. Робоча напруга: 5 В. Споживаний струм: 150 мА. Діапазон вимірювання: 200 - 10000 ppm. Час відгуку: <10 с. Вихідний сигнал: аналоговий (напруга) та цифровий (поріг спрацювання). Робоча температура: $-10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$. Термін служби: до 10 років.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціональне призначення в системі кліматичного контролю MQ-4 інтегрується в систему моніторингу якості повітря для виявлення небезпечних концентрацій метану в житлових приміщеннях, котельнях, підвалах та інших місцях, де може накопичуватися природний газ. У разі перевищення порогового рівня система ініціює аварійне провітрювання або подає сигнал тривоги, запобігаючи можливому вибуху або отруєнню.

Принцип роботи в системі:

1. Моніторинг складу повітря – MQ-4 постійно аналізує концентрацію метану в навколишньому середовищі.
2. Обробка даних – аналоговий сигнал передається на контролер (Arduino Nano 33 IoT або Raspberry Pi), який аналізує рівень газу.
3. Прийняття рішення – якщо концентрація метану перевищує безпечний поріг, система активує виконавчі пристрої.
4. Реакція системи – вмикається вентиляція, надсилається попередження на мобільний застосунок або активується звукова/світлова сигналізація.

Переваги використання MQ-4:

Висока чутливість – дозволяє виявляти навіть невеликі концентрації метану.

Швидкий відгук – реагує менш ніж за 10 секунд.

Надійність – стабільна робота протягом тривалого часу.

Компактність – зручний для інтеграції в системи розумного будинку.

Низьке енергоспоживання – підходить для автономних пристроїв [20].



Рисунок 2.6 – Датчик метану MQ-4

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

MQ-7 – це напівпровідниковий датчик чадного газу (CO), призначений для визначення концентрації оксиду вуглецю у повітрі. Він широко використовується в системах моніторингу якості повітря, у газових сигналізаціях, системах безпеки та промислових додатках.

Принцип роботи MQ-7 заснований на зміні електричної опори чутливого елемента, виготовленого на основі оксиду металу (SnO₂). Датчик має двофазний режим нагрівання: у першій фазі працює при високій температурі (5 В, ~60 сек), що дозволяє очистити чутливий елемент, а в другій фазі знижується до ~1,5 В (~90 сек) для точного вимірювання концентрації CO.

Для отримання точних показників необхідно виконати калібрування датчика та забезпечити попередній період прогріву. Вихідний сигнал подавача може бути представлений як аналогове значення, що дозволяє вимірювати концентрацію чадного газу в режимі реального часу, так само і цифровим, який активується при перевищенні заданого порогу концентрації CO.

MQ-7 використовується в поєднанні з мікроконтролерами (Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi) та передає дані через аналоговий або цифровий інтерфейс. Датчик є енергоефективним, компактним і може бути інтегрований у розумні системи моніторингу та автоматизації.

MQ-7 (Датчик чадного газу) - Чутливість: CO (чадний газ). Робоча напруга: 5V. Час прогріву: 60 секунд. Робота в системі: Виявляє концентрацію чадного газу. При перевищенні безпечних рівнів система подає тривожний сигнал і активує провітрювання [21].



Рисунок 2.7 – Датчик чадного газу MQ-7

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Centra M6063 (Ротаційний привід для вентиляції) – це електромеханічний ротаційний привід, призначений для автоматичного керування заслінками у вентиляційних системах. Завдяки високій точності та стабільності роботи він широко застосовується в системах кліматичного контролю, забезпечуючи ефективне регулювання повітряного потоку (рис.2.8).

Технічні характеристики: Тип приводу: Ротаційний. Живлення: 24 В (постійного або змінного струму). Крутний момент: 10 Нм. Кут обертання: 90°. Спосіб керування: Аналоговий або цифровий сигнал. Час повного обертання: 60 секунд. Режим роботи: Безперервний або імпульсний. Захист: Вбудований захист від перевантаження. Температурний діапазон роботи: від -20°C до +50°C.

Функціональне призначення в системі кліматичного контролю. Ротаційний привід Centra M6063 використовується для автоматичного регулювання подачі повітря у вентиляційній системі. Він забезпечує зміну положення заслінок залежно від показників датчиків температури, вологості, CO₂ та якості повітря, що дозволяє підтримувати комфортні умови в житлових приміщеннях. Привід отримує керуючі сигнали від Raspberry Pi 4 Model B, який аналізує показники сенсорів та приймає рішення про зміну положення заслінки. Це дозволяє забезпечити адаптивне управління вентиляцією, зменшуючи енергоспоживання та покращуючи якість повітря [22].

Переваги використання Centra M6063:

Висока точність регулювання – дозволяє плавно змінювати положення заслінок для оптимізації повітряного потоку.

Низьке енергоспоживання – працює на 24 В, що зменшує втрати електроенергії та підвищує загальну енергоефективність системи.

Безшумна робота – підходить для використання в житлових приміщеннях, офісах та інших місцях, де важлива тиша.

Автоматичне керування – інтеграція з системою розумного будинку дозволяє реалізувати адаптивне управління мікрокліматом без необхідності втручання користувача.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Компактність і простота монтажу – легко встановлюється та інтегрується в систему вентиляції. Завдяки використанню Centra M6063 система кліматичного контролю забезпечує ефективний розподіл повітря, покращує якість життя мешканців та сприяє зменшенню витрат на опалення та кондиціонування.



Рисунок 2.8 – Ротаційний привід Centra M6063

Релейний двоканальний модуль – пристрій, що дозволяє керувати високовольтними електроприладами за допомогою мікроконтролерів із низьковольтними виходами, таких як Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 або ESP32. Завдяки вбудованій гальванічній розв'язці модуль гарантує надійну ізоляцію між керуючою схемою та комутованим обладнанням, забезпечуючи безпечну і стабільну роботу системи.



Рисунок 2.9 – Модуль реле двоканальний

Функціональність системи:

Моніторинг температури, вологості та якості повітря в реальному часі. - Автоматичне керування вентиляцією на основі отриманих показників. - Передача даних та віддалене керування через Wi-Fi та MQTT. - Сповіщення користувача у разі виявлення небезпечного рівня газів.

2.6 Розробка принципової схеми

Основним керуючим вузлом системи опалення є мікроконтролерний модуль DD1 (Arduino Nano 33 IoT), що базується на мікросхемі SAMD21 із 32-бітним процесором ARM® Cortex®-M0+. Він відповідає за управління периферійними пристроями опалювальної та вентиляційної систем, а також забезпечує зв'язок із сервером і хмарною платформою Blynk. Комунікація з Blynk відбувається за клієнт-серверною моделлю, де модуль DD1 виступає клієнтом, а його ідентифікація в системі здійснюється через унікальний токен (цифровий ключ). Для обміну інформацією між пристроєм і хмарним сервісом застосовуються віртуальні канали, кожен із яких програмно прив'язаний до певного периферійного елемента.

До модуля DD1 через однопровідну шину передачі даних (A4/D18/SDA) підключено датчик температури та вологості B1 (DHT22).

Контролер порівнює отримані температурні показники з встановленими значеннями в інтерфейсі Blynk і приймає рішення щодо активації опалювальної системи. Якщо температура в приміщенні нижча за заданий рівень, активується алгоритм управління релейними модулями K1 і K2, які задіюють виконавчі механізми поворотних клапанів Y1 і Y2, відкриваючи їх для циркуляції гарячої води в радіаторній мережі. У разі перевищення або досягнення встановленого температурного порогу запускається процедура закриття клапанів Y1 і Y2.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До модуля DD1 підключені газові сенсори: B3 (MQ-4) для виявлення метану, B2 (MQ-7) для контролю рівня чадного газу та B4 (MQ-135) для моніторингу концентрації вуглекислого газу. Сенсор MQ-4 своєчасно виявляє витік природного газу, запобігаючи ризику вибуху, MQ-7 визначає підвищений рівень чадного газу, що дозволяє запобігти отруєнню, а MQ-135 оцінює загальну якість повітря, забезпечуючи безпечні та комфортні умови перебування людей у приміщенні. При перевищенні допустимих порогових значень сенсори формують сигнал високого рівня, який передається на цифрові входи D19, D20 і D21 модуля DD1. Комбінація отриманих сигналів визначає логіку роботи реле K3, яке керує витяжним вентилятором A1, та реле K4, що контролює роботу опалювальної системи A2.

Особливістю мікроконтролерного модуля DD1 є те, що хоча він живиться від 5В, сам мікроконтролер SAMD21 працює при напрузі 3.3В. Для цього в модулі інтегрований понижуючий перетворювач напруги з 5В до 3.3В. Виходи контролера працюють у діапазоні 3.3В (логічна одиниця) та 0В (логічний нуль), що було враховано при розробці електричної схеми. Сенсори MQ-4, MQ-7 і MQ-135 живляться від 5В та мають цифрові виходи D0 з 5-вольтовою логікою, тому для їх узгодження з цифровими входами контролера (який працює при 3.3В) застосовуються подільники напруги на резисторах. Параметри подільників (R1, R2), (R3, R4) та (R5, R6) обрані зі співвідношенням 1:2, що знижує напругу логічного рівня до 2.5В, сумісного з вхідною логікою мікроконтролера. У схемі використані резистори номіналом R1, R3, R5 – 1кОм та R2, R4, R6 – 0.5кОм. При виявленні небезпечної концентрації газу відповідний сенсор формує сигнал логічної одиниці, що сигналізує про загрозу.

Мікроконтролерний модуль також керує приводами поворотних клапанів Y1 і Y2 через релейні модулі K1 і K2, які підключені до виходів D10, D9, D8 та D7 відповідно. Якщо вихід D10 модуля DD1 подає постійний високий рівень на вхід In1 модуля K1 протягом заданого часу, контакт Black_right_L привода клапана Y1 підключається до напруги 220В, змушуючи клапан обертатися за годинниковою стрілкою. При переході виходу D10 у стан логічного нуля привід

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зупиняється у поточному положенні. Аналогічно, якщо на вхід In2 модуля K1 подається логічна одиниця з виходу D9 модуля DD1, контакт Brown_left_L привода Y1 з'єднується з напругою 220В, змушуючи клапан рухатися у зворотному напрямку. Виходи D8 і D7 модуля DD1 виконують аналогічні функції для входів In1 та In2 модуля K2, керуючи роботою привода поворотного клапана Y2.

Висновок до розділу

Розглянуто вибір апаратної та програмної платформи для автоматизованої системи кліматичного контролю житлових приміщень. Обґрунтовано використання Home Assistant як основної платформи для управління пристроями, що забезпечує інтеграцію різних технологій, включаючи Wi-Fi, Zigbee, MQTT та Matter. Обрано Vlynk як хмарний сервіс для дистанційного моніторингу та керування, що надає користувачам доступ до системи через мобільний додаток.

Розроблена структурна схема демонструє взаємодію між основними компонентами, зокрема Raspberry Pi, що виконує функцію центрального вузла, Arduino, який здійснює збір даних із датчиків і керує виконавчими механізмами, а також Wi-Fi маршрутизатора та шлюзу Zigbee, які забезпечують безперебійну комунікацію.

Запропоноване рішення є гнучким, масштабованим і надійним, оскільки дозволяє легко інтегрувати нові пристрої та протоколи. Використання локального сервера підвищує рівень безпеки та автономності системи, мінімізуючи залежність від хмарних сервісів. Інтеграція хмарної платформи Vlynk забезпечує віддалене керування, що розширює функціональність системи та підвищує її зручність для користувачів.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ

Розробка програмного забезпечення для системи кліматичного контролю є важливим етапом створення автоматизованої системи управління мікрокліматом приміщень. Головними завданнями програмного забезпечення є забезпечення збирання даних із датчиків, обробка отриманих значень, прийняття рішень щодо коригування кліматичних параметрів та передача команд виконавчим пристроям.

3.1 Структура програмного забезпечення

Програмне забезпечення підсистеми кліматичного контролю складається з таких основних модулів:

Модуль зчитування та обробки даних із датчиків – відповідає за отримання даних про температуру, вологість, рівень концентрації газів (CO, CO₂, метан тощо) та якість повітря.

Модуль аналізу та прийняття рішень – порівнює отримані показники з нормативними значеннями та визначає необхідність регулювання параметрів мікроклімату.

Модуль керування виконавчими пристроями – здійснює активацію чи деактивацію нагрівальних, вентиляційних або охолоджувальних пристроїв на основі розрахованих рішень.

Модуль зв'язку з хмарним сервісом – забезпечує інтеграцію з платформами Blynk, MQTT та Home Assistant для віддаленого моніторингу та керування.

Модуль взаємодії з користувачем – надає можливість перегляду параметрів та налаштувань через мобіл

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка алгоритму роботи підсистеми керування мікрокліматом

У розділі представлено алгоритм роботи підсистеми управління мікрокліматом, що забезпечує автоматичний моніторинг параметрів повітря та регулювання мікроклімату (див. Додаток А).

Алгоритм розпочинається з ініціалізації всіх необхідних змінних, об'єктів та структур, які використовуються для зберігання поточних значень температури, вологості, концентрації газів, стану реле, таймерів та інших параметрів системи. Далі здійснюється налаштування інтерфейсу UART для забезпечення взаємодії з USB-пристроями та периферійними модулями. Водночас проводиться конфігурація бездротового зв'язку Wi-Fi, що включає вказівку SSID і пароля локальної мережі, а також встановлення з'єднання з MQTT-брокером Home Assistant. На цьому ж етапі задаються теми для публікації даних і підписки на вхідні повідомлення.

Наступний крок передбачає періодичне опитування датчиків температури, вологості та газів, після чого отримані значення зберігаються у відповідних змінних або структурах даних. Паралельно забезпечується підтримка стабільного зв'язку з хмарним сервісом Blynk, обробка подій, таких як зміна стану віртуальних кнопок або пересування слайдерів у мобільному додатку, та оновлення внутрішніх змінних відповідно до отриманих команд.

Після цього алгоритм виконує обробку вхідних повідомлень із MQTT-брокера, ідентифікує тему підписки, аналізує отримані дані та оновлює відповідні параметри системи. Далі відбувається порівняння актуальних показників із сенсорів із заданими пороговими значеннями, що визначає необхідність коригування параметрів мікроклімату. Залежно від отриманих результатів формуються керуючі сигнали, які активують відповідні виконавчі механізми, такі як реле, приводи клапанів або вентилятори (див. Додатки Б, В).

Останні етапи алгоритму включають передавання актуальних показників сенсорів і стану системи на хмарний сервер Blynk, а також надсилання відповідних оновлень через MQTT-брокер на локальний сервер. Після виконання

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цих дій алгоритм повертається до етапу зчитування даних із датчиків, забезпечуючи безперервний цикл функціонування підсистеми керування мікрокліматом.

3.3 Підготовка середовища для розробки програмного забезпечення

Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера здійснювалася з використанням мови програмування C/C++. Як основне середовище розробки обрано Arduino Web Editor, інтерфейс якого наведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1–ArduinoWebEditor

Arduino Web Editor – це офіційне веб-орієнтоване середовище розробки від компанії Arduino, що дозволяє програмувати мікроконтролери без встановлення додаткового програмного забезпечення. Основна особливість цієї платформи – її робота через веб-браузер, що забезпечує незалежність від операційної системи та спрощує доступ до середовища з будь-якого пристрою. Arduino Web Editor забезпечує хмарне середовище для зберігання коду та бібліотек, автоматично оновлює необхідні інструменти, підтримує всі офіційні плати Arduino, інтегрується з великою кількістю бібліотек та має вбудовану систему компіляції й завантаження прошивки. Крім того, середовище містить

монітор порту та серійний термінал, що дозволяє розробникам проводити налагодження та відстежувати роботу пристроїв у реальному часі. Завдяки цим можливостям Arduino Web Editor є зручним інструментом для створення програмного забезпечення для пристроїв Інтернету речей (IoT) та автоматизованих систем [23,24].

Blynk – це хмарна платформа для дистанційного керування пристроями IoT, яка дозволяє створювати мобільні застосунки без необхідності глибоких знань у мобільній розробці. Платформа підтримує інтеграцію з широким спектром апаратних платформ, таких як Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi, STM32, та працює з популярними протоколами зв'язку, включаючи Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth та MQTT. Основні переваги Blynk – це інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, можливість створення кастомізованих мобільних додатків, підтримка обміну даними в реальному часі, автоматизація сценаріїв на основі показників датчиків, хмарне сховище для архівації даних і аналізу змін параметрів мікроклімату. У системах кліматичного контролю Blynk використовується для дистанційного моніторингу та управління, надаючи користувачам можливість переглядати поточні значення кліматичних параметрів, задавати необхідні налаштування та отримувати сповіщення у разі критичних змін. Завдяки інтеграції Blynk забезпечується ефективне керування системою в режимі реального часу, що підвищує її продуктивність та зручність використання [3, 4]. Платформа надає інтерактивні віджети, які дозволяють відображати дані з датчиків, надсилати керуючі команди виконавчим пристроям, а також отримувати миттєвий зворотний зв'язок. Крім того, хмарне сховище даних дає можливість архівувати показники сенсорів та аналізувати тенденції змін параметрів мікроклімат рисунок 3.2.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2–Механізм взаємодії елементів автоматизації з сервером Blynk

Створення мобільного застосунку для керування системою здійснювалося через Web Dashboard хмарної платформи Blynk. Інтерфейс цієї панелі надає користувачам можливість використовувати попередньо налаштовані елементи керування, такі як кнопки, перемикачі, слайдери, графіки та індикатори, що значно пришвидшує процес розробки та впровадження системи керування мікрокліматом (рис 3.3).

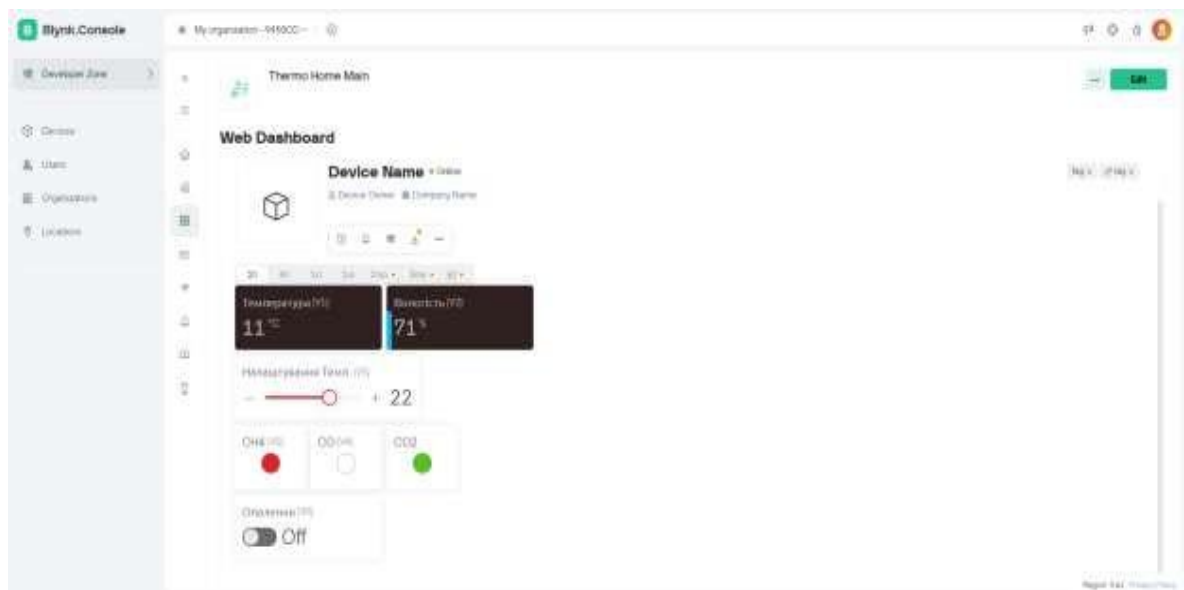


Рисунок 3.3 – Панель редагування Blynk

На рисунку 3.4 представлено розроблений інтерфейс підсистеми управління опаленням у системі кліматичного контролю, який дозволяє користувачам зручно відстежувати зміни параметрів мікроклімату та оперативно реагувати на їхні коливання. Графічний інтерфейс забезпечує інтуїтивно зрозуміле відображення основних кліматичних параметрів, таких як температура, вологість, рівень вуглекислого газу (CO₂) та якість повітря, що дає змогу своєчасно коригувати роботу системи. Мобільний застосунок інтегрований із хмарною платформою Blynk, що дозволяє здійснювати моніторинг і управління кліматичними умовами в режимі реального часу. Користувачі можуть встановлювати бажані значення температури та вологості, отримувати сповіщення у разі критичних змін параметрів, а також переглядати історію даних для аналізу ефективності роботи системи. Завдяки використанню сенсорів температура та вологість визначаються з високою точністю, а алгоритми автоматичного регулювання забезпечують оптимальний баланс між комфортом і енергоефективністю [25].



Рисунок 3.4 – Інтерфейс керування кліматичною системою через мобільний додаток Blynk

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково передбачено систему безпеки, яка регулює перевищення концентрацій небезпечних газів у повітрі, таких як метан, чадний газ і вуглекислий газ, що дозволяє офіційно виявляти загрози та вживати деякі заходи. У разі перевищення допустимих концентрацій метану, чадного газу або вуглекислого газу, індикатори в інтерфейсі змінюють колір на червоний і активують звуковий сигнал, який передає користувача про виявлену загрозу.

Мобільний застосунок інтегрований із платформою Blynk, що забезпечує дистанційне керування кліматичними параметрами та дозволяє віддалено контролювати стан мікроклімату навіть за допомогою використання користувача на сайті. Завдяки гнучким налаштуванням та інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу система може автоматично адаптуватися до змін у навколишньому середовищі, підвищуючи комфорт та ефективність використання енергоресурсів.

3.4 Розробка програмного забезпечення для Arduino

Розробка програмного забезпечення для мікроконтролерного пристрою розпочинається з оголошення бібліотек та змінених, які запускають конфігурацію основних компонентів і структурного коду. Представлено фрагмент програмного коду, який відповідає для підключення пристрою до бездротової мережі Wi-Fi, взаємодії із сервісом Blynk, імпорту деяких бібліотек для інтеграції з цією платформою, а також ініціалізації клієнтської частини, реалізованої на ОС.

```
include <Blynk.h>
/*Налаштування ідентифікаторів підключення пристрою до
платформи Blynk/
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "GMPD415vDZknw"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "StartTemplate"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "M2T-d7TCSx3B1OSnL5JPx-pixi ZIYR g Rf"
#include <SPI.h>
#include <WiFinINA.h>
#include <BlynkSimpleWi-FiShield101.h>
#include <DHT.h>
```

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

#include <PubSubClient.h>
const char ssid[] = "Home_Automation";
const char pass[] = "568943";
const char mqtt_server[] = "123.192.128.125";
const int mqtt_port = 1883;
const char topic_loc[] = "home/ANano/control";
const int dhtPin = 18;
const int DHTTYPE = DHT22;
DHT DHT22_sensor(dhtPin, DHTTYPE);
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
BlynkTimer B_timer;

void setup()

{
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid, pass);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");

    }.....
  }

```

Після завершення процесу ініціалізації мікроконтролера починається виконання основного циклу програми, який реалізує алгоритм роботи, представлений на рисунку 3.1. Цей цикл забезпечує безперервний моніторинг параметрів мікроклімату приміщення та відповідне керування кліматичною системою.

```

//Основна програма

void loop()

{

  if(!client.connected()){

    reconnect();

  }

```

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

client.loop();

.....
B_timer.run();

}

```

Критично важливим етапом є налагоджений обмін даними між сервісом Blynk і програмними модулями, що відповідають за зчитування та аналіз параметрів мікроклімату. Завдяки інтеграції з Blynk користувач має змогу віддалено контролювати та змінювати налаштування кліматичної системи в реальному часі. Структура підпрограми для передачі даних у Blynk детально розглянута нижче.

Окрему увагу приділено розробці підпрограми керування температурним режимом приміщення. Вона виконує аналіз показників із датчиків температури та, за необхідності, автоматично активує або вимикає систему опалення для підтримання оптимального мікроклімату.

```

void Send_To_Blynk() {
  Blynk.virtualWrite(V1, Kim1_TempPot);
  Blynk.virtualWrite(V2, Kim1_Vologas);
  Blynk.virtualWrite(V3, val_D20_CH4);
  Blynk.virtualWrite(V4, val_D21_CO);
  Blynk.virtualWrite(V6, val_D19_CO2);
  if(Toggle_indicator_S) {
    Blynk.virtualWrite(V10, Kim1_TempPoch);
    Blynk.virtualWrite(V11, Kim2_TempPoch);
    Blynk.virtualWrite(V12, Kim1_ON_OFF);
    Blynk.virtualWrite(V14, Kim1_ON_OFF);
    Toggle_indicator_S=false;
  }
}

```

Реалізація алгоритму функціонування підпрограми керування температурним режимом приміщення представлена нижче (рис. 3.2).

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підпрограма забезпечує аналіз показників температури, отриманих із датчиків, та приймає рішення щодо активації або деактивації системи опалення відповідно до заданих користувачем параметрів.

```
voidKim2_ON() {  
  
    if(!Kim2_Ind_ON) {  
        if(digitalRead(7)) {  
            Time_Dev_K2=millis()-Time_Start_K2;  
            if(Time_Dev_K2>=Max_Time_K2) {  
                Time_Dev_K2=100;  
                Time_Start_K2=millis();  
                digitalWrite(7, LOW);  
            }  
  
            else {  
  
                if((millis()-Time_Start_K2)>=100) {  
                    digitalWrite(8, HIGH);  
                    Kim2_Ind_ON=true;  
                    Time_Start_K2=millis();  
                }  
  
                else {  
  
                    if(!Motor_Stop_K2) {  
  
                        Time_Dev_K2=millis()-Time_Start_K2;  
                        if(Time_Dev_K2>=Max_Time_K2) {  
                            digitalWrite(8, LOW);  
                            Motor_Stop_K2=true;  
  
                        }  
  
                    }  
  
                }  
  
            }  
  
        }  
  
    }  
  
}
```

Висновок до розділу

Розроблено та реалізовано програмне забезпечення для мікроконтролера Arduino Nano 33 IoT, яке виконує моніторинг та керування мікрокліматом

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

житлового приміщення. Розроблено алгоритми обробки даних із датчиків температури (DHT22) та газів (MQ-135, MQ-4, MQ-7). Реалізовано програмну логіку автоматичного регулювання температури та контролю рівня шкідливих газів. Інтегровано Blynk, що забезпечило віддалене керування та моніторинг у реальному часі через мобільний застосунок. Оптимізовано код для ефективної роботи мікроконтролера, зокрема реалізовано енергозбереження та періодичне оновлення даних. Розроблене програмне забезпечення забезпечує гнучкість, модульність та масштабованість системи. Подальше вдосконалення може включати адаптивні алгоритми керування, покращену інтеграцію з хмарними сервісами та розширення функціоналу для інших елементів розумного будинку.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській роботі було проведено дослідження принципів побудови та реалізовано автоматизовану систему кліматичного контролю для житлових приміщень, яка є невід'ємною складовою сучасних технологій розумного дому. Система поєднує датчики, виконавчі механізми та алгоритми інтелектуального управління для забезпечення комфортного мікроклімату, ефективного використання енергоресурсів і підвищення рівня безпеки.

Під час розробки постало завдання інтеграції обладнання різних виробників в єдину взаємопов'язану систему з можливістю її розширення та керування як локально, так і дистанційно. Для вирішення цього завдання було обрано платформу автоматизації Home Assistant, розгорнуту на мінікомп'ютері Raspberry Pi 4 Model B. Для забезпечення ефективного обміну даними між компонентами системи використано протокол MQTT, що дозволяє інтегрувати пристрої з різними стандартами зв'язку в єдину мережу.

Розроблена система підтримує моніторинг параметрів мікроклімату, керування виконавчими пристроями та віддалене налаштування параметрів опалення через мобільний застосунок на основі хмарного сервісу Blynk. Це значно підвищує гнучкість та зручність управління, дозволяючи користувачеві контролювати систему з будь-якого місця.

У ході роботи розроблено структурну схему системи, яка включає:

- серверний блок (локальний сервер на Raspberry Pi);
- блок координатора (мікроконтролерний модуль на Arduino Nano 33 IoT);
- систему збору даних (датчики температури та вологості DHT22, газові датчики MQ-135, MQ-4, MQ-7);
- виконавчі пристрої (електроприводи Centra M6063, релейні модулі);
- модуль комутації на реле;
- комунікаційний блок (Wi-Fi та MQTT-протоколи);
- хмарний сервіс Blynk для керування через мобільний застосунок.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім цього, було проведено аналіз протоколів передачі даних, розроблено функціональну та електричну схеми підсистеми керування опаленням, створено блок-схему алгоритму роботи системи, а також розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера, що забезпечує збір, обробку та передачу даних.

Результатом роботи стала інтегрована підсистема кліматичного контролю, що базується на Arduino Nano 33 IoT та Raspberry Pi 4 Model B і підтримує розширювану архітектуру для інтеграції з іншими пристроями кліматичного контролю через MQTT. Це відкриває можливості для подальшої модернізації, включаючи додавання адаптивних алгоритмів керування, оптимізацію енергоспоживання та інтеграцію з іншими системами розумного будинку.

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Patel S., Rathore H., & Shah J. (2021). Smart HVAC Systems: Technologies and Applications. Springer, 2021. 325 с.
2. Tao F., Zhang M., Liu X. Intelligent Climate Control Systems. Elsevier. 2022, 290 с.
3. Kim J., & Kim H. A Review of Smart Climate Control Technologies, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 17, no. 3, 2020, pp. 1205-1222.
4. Krarti, M. Energy Efficient HVAC Systems. CRC Press. 2018, 410 с.
5. Gruber J., & Huber S. IoT-Based Climate Control for Smart Homes. Wiley. 2019, 275 с.
6. Honeywell.. Honeywell Home T9 SmartThermostat – UserGuide. 2023. URL: https://profimann.com.ua/uk/honeywell/?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 18.04.2024).
7. Tado GmbH. (2023). Tado Smart AC Control V3+ – Technical Specifications. [електронний ресурс] – URL:https://shop.tado.com/en?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 18.04.2024).
8. Brown R., & Lee K. (2021). Integration of IoT in Climate Control Systems for Smart Homes. International Conference on Intelligent Systems, 239–251.
9. Banks A., Gupta R. MQTT Version 3.1.1. OASIS Standard, 2014.
10. Peter Waher, Mastering Internet of Things Protocols, Packt Publishing, 2018.
11. O. van Kasteren, Home Assistant Companion Guide, 2022.
12. Pavel Shilyaev, Blynk IoT for Makers and Businesses, 2021.
13. Blynk IoT Platform. [Online]. Available. URL:<https://blynk.io/> (дата звернення: 18.04.2024)
14. Raspberry Pi Foundation. "Raspberry Pi 4 Model B Specifications." URL: <https://www.raspberrypi.org>. (дата звернення: 18.04.2024)

					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Arduino.cc. "Arduino Nano 33 IoT Documentation." URL: <https://www.arduino.cc>. (дата звернення: 18.04.2024)

16. Adafruit. "DHT22 Temperature and Humidity Sensor Guide." URL: <https://learn.adafruit.com/dht> (дата звернення: 18.04.2024)

17 Дем'янчук О. І., Пилипенко В. В. Аналіз можливостей сенсорів якості повітря у розумних системах екологічного моніторингу. Науковий вісник, 2023.

18 . Hanwei Electronics. "MQ Gas Sensors Datasheets." URL: <https://www.hwsensor.com> (дата звернення: 18.04.2024)

19 Ресурс про сенсори MQ. URL:<https://lastminuteengineers.com/> (дата звернення: 18.04.2024)

20 Centra Control Systems. "Centra M6063 Actuator Manual." URL: <https://www.centrasystems.com>. (дата звернення: 18.04.2024)

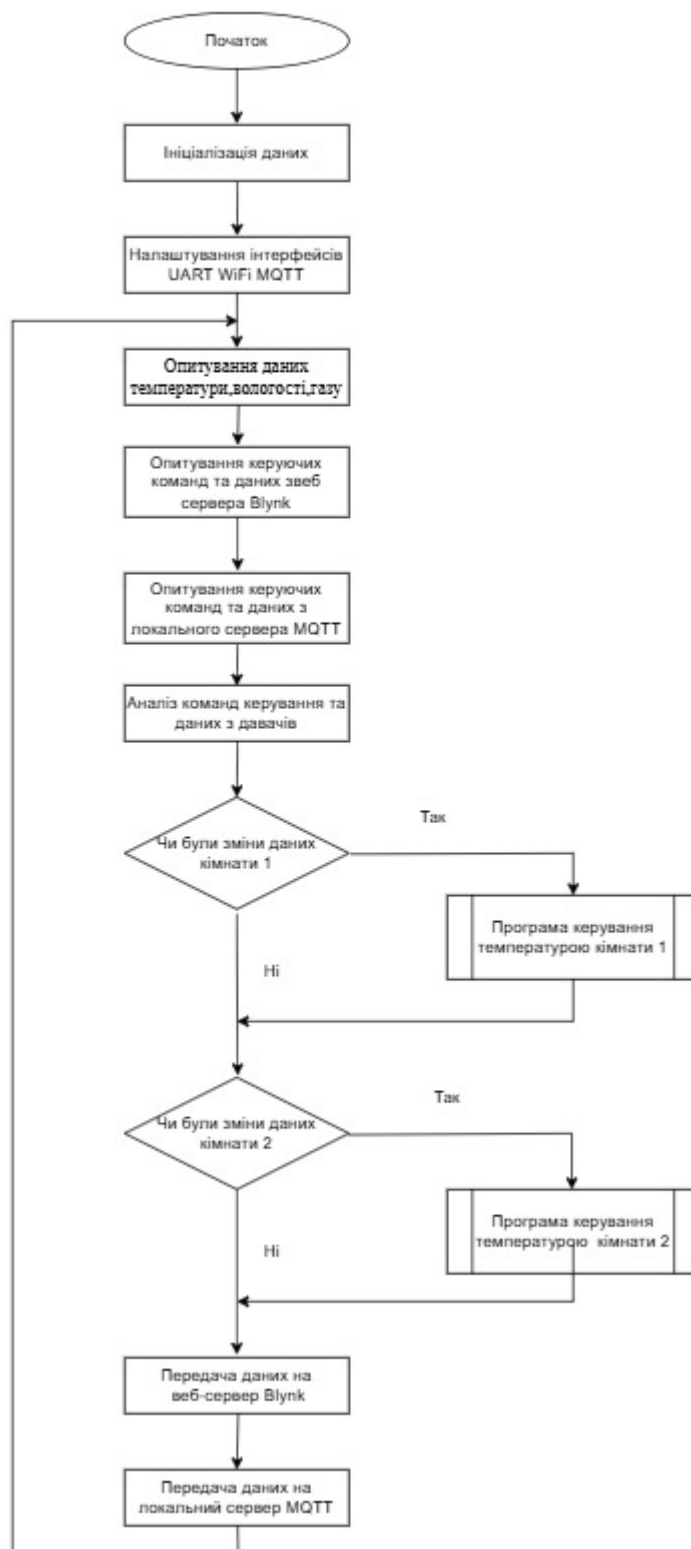
21 Arduino Web Editor. [Online]. Available. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> (дата звернення: 18.04.2024)

22 J. Blum, Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry. Wiley, 2019.

25 M. Schwartz, IoT Programming with Blynk: Getting Started with Blynk for IoT Projects. Apress, 2020.

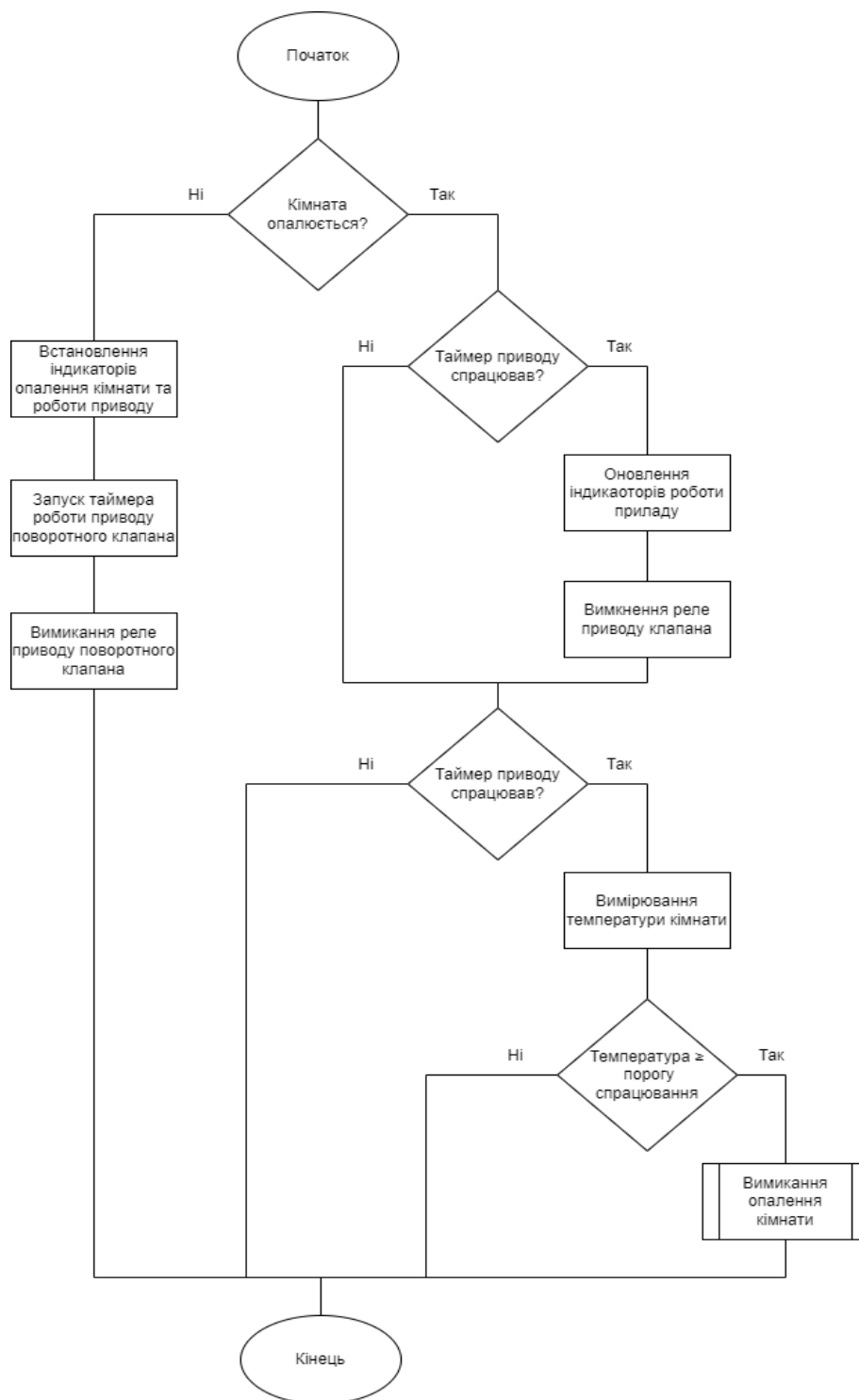
					БР.КІ-33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок А.1 – Блок-схема алгоритму роботи програми мікроконтролерного модуля підсистеми кліматичного контролю



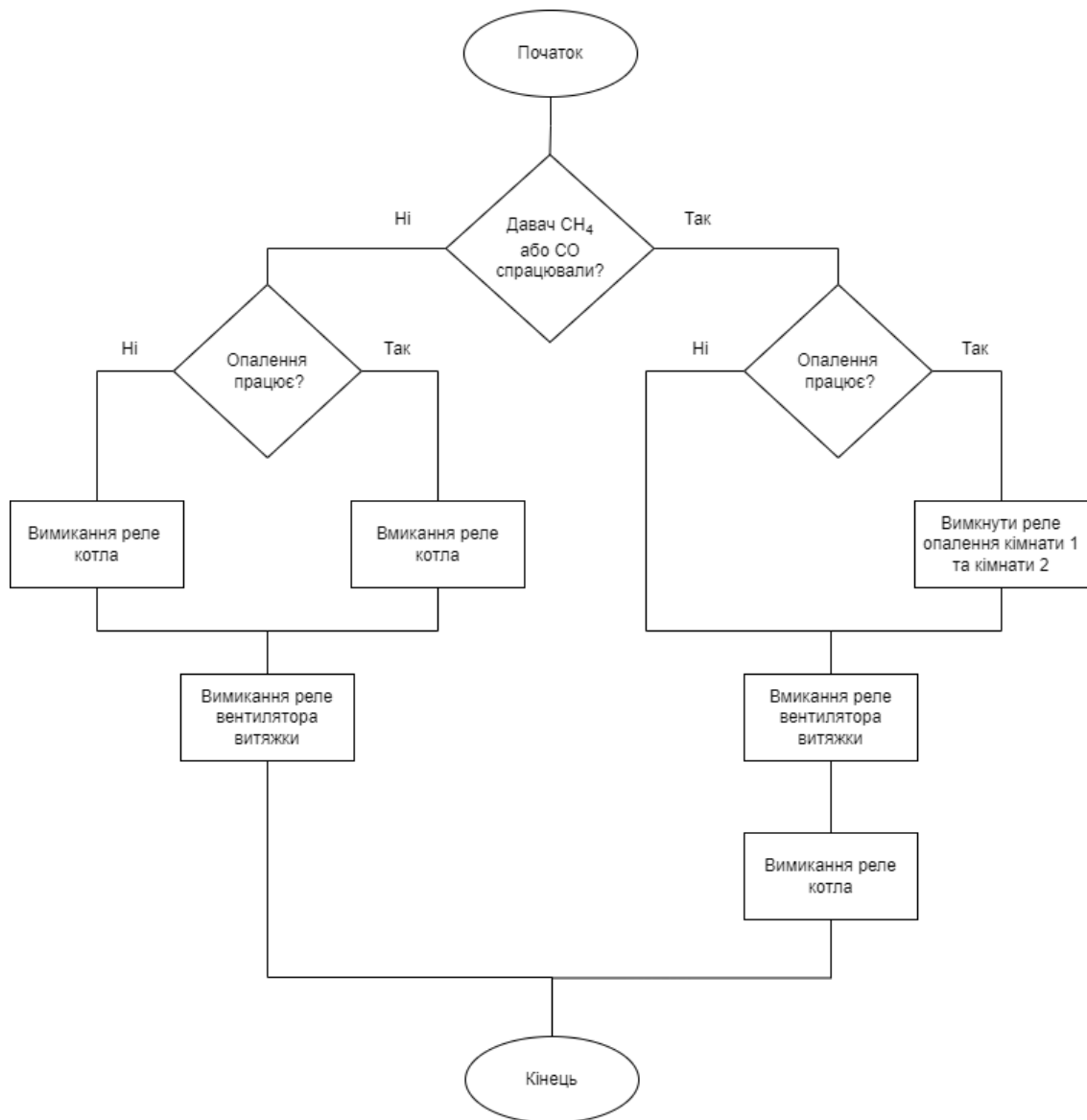
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок Б.1 – Блок-схема підпрограми керування температурою



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок В.1 – Блок-схема підпрограми вимикання системи опалення



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема бакалаврської роботи: **Розробка інформаційної системи кліматичного моніторингу житлових приміщень на базі мікроконтролера Atmega 328PU**

Обсяг пояснювальної записки 61 аркушів:

0 таблиць;

20 рисунків;

1 додаток.

Дата завершення роботи: *09 червня 2025р.*

Підпис студента- _____ *Копистянський Р.М.*