

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи  
"Розумний будинок" з використанням експертної системи

Назва теми

КвРКІ 210365.21.03.19

Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

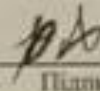
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

Назва

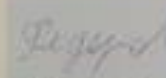
Виконав: студент IV курсу, група КІ2-21-3

  
Підпис

Юрій ЛОЄВСЬКИЙ

Ініціали, прізвище

Керівник

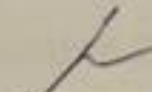
  
Підпис, дата

Підпис, дата

Свген ФЕДОРОВ

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ

Ініціали, прізвище

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

  
Підпис

Підпис

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище

«19» 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 " 0 2025 р.



## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Юрію ЛОСВСЬКОМУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи

Керівник проекту (роботи) Свєтєн ФЕДОРОВ, д.т.н., проф.

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

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 18.06.2025 р.

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

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

Проаналізувати історію створення котлів опалення та терморегуляторів, їх роботи.

Проаналізувати роботу терморегулятора фірми Navin моделі WT100 B-3A. Його переваги та недоліки в порівнянні з конкурентами.

Побудувати систему, що може бути реалізована на базі доступних компонентів, легко адаптуватись під потреби користувача та слугувати основою для побудови ширших рішень у галузі "розумного дому".

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

Блок-схема дерева рішень

План двокімнатної квартири

Блок-схема

підключення

компонентів

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

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

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	14.01.2025	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 задач	11.04.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА	19.05.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА	06.05.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	18.06.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень, 2025 року	

Студент

Керівник роботи

Юрій ДОСВСЬКИЙ

Підпис

Підпис

Ініціали, прізвище

Сьвен ФЕДОРОВ

Ініціали,

прізвище

№ р я д к а	ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л л н с т і в	№ с к з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Пояснювальна записка	65		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРКІ 210365.21.03.19 Е8	Блок-схема дерева рішень	1		
3		КвРКІ 210365.21.03.19 Е8	Схема двокімнатної квартири	1		
4		КвРКІ 210365.21.03.19 Е8	Блок-схема підключення компонентів	1		

КвРКІ 210365.21.03.19 ВП				
Зм	Ар к	№ докум	Під пис	Дат а
Розробл в		Лосевський		
Перевір.		Федоров		
Н. контр.		Кисіль		19.06.14
Затв.		Павлова		19.06.15

Відомість проекту			Літера	Арку ш	Аркуш ів
			У	1	1
			ХНУ, КІ2-21-3		

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи».

Автор роботи: Юрій ЛОЄВСЬКИЙ.

Керівник роботи: Федоров Євген Євгенійович.

Пояснювальна записка: 65 с., 59 рис., 3 табл., 4 дод., 31 джерел.

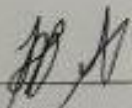
ОПАЛЕННЯ, ГАЗОВИЙ КОТЕЛ, ТЕРМОРЕГУЛЯТОР, NAVIN WT100 В-3А, "РОЗУМНИЙ БУДИНОК".

Метою роботи є аналіз автоматизації систем керування мікроклімату, та створення програмно-апаратного засобу гнучкого керування опаленням на основі експертної системи.

Об'єктом дослідження є управління мікрокліматом у приміщенні.

Предметом дослідження є методи керування опаленням за допомогою терморегулятора NAVIN WT100 В-3А.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду інформації знайденої в інтернеті, книжках, наукових статтях та порівняння обраного терморегулятора з іншими приладами. Виявлення і опрацювання переваг інших моделей.



Підпис студента


18.06.2025

Дата

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ</b> .....	5
1.1 Аналіз предметної області.....	5
1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень .....	8
1.3 Терморегулятор .....	10
1.4 Постановка задачі.....	14
1.5 Висновки .....	14
<b>2 ІНСТРУКЦІЇ ПІДКЛЮЧЕННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ НЕДОЛІКІВ У МОДЕЛІ NAVIN WT100 B-3A</b> .....	16
2.1 Інструкції з експлуатації.....	16
2.2 Підключення до WiFi, реєстрація облікового запису та додавання пристрою .....	23
2.3 Основні недоліки.....	33
2.4 Другорядні проблеми моделі Navin WT100 B-3A .....	35
2.5 Плюси моделі Navin WT100 B-3A.....	36
2.6 Порівняння з іншими моделями терморегуляторів .....	37
2.7 Висновки .....	40
<b>3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ</b> .....	41
3.1 Загальна структура системи .....	41
3.2 Апаратна частина .....	43
3.3 Програмна частина.....	46
3.4 Експертна система керування опаленням.....	53
3.5 Перспективи розвитку системи .....	56
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	58
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ</b> .....	60

КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Юрія ЛОСВСЬКІЙ		
Перевір.		Євген ФЕДОРОВ		
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ		
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		

Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи

Літера	Аркуш	Аркушів
у	2	

ХНУ КІ2-21-3

ДОДАТОК А .....	65
ДОДАТОК Б .....	66
ДОДАТОК В .....	67
ДОДАТОК Г .....	68

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

З кожним роком технології все глибше інтегруються в наше повсякденне життя. Колись фантастичні уявлення про “розумний дім”, де світло, опалення та побутові прилади працюють автономно, стали цілком реальною частиною сучасного житла. Сьогодні розумні технології - це не лише зручність, а й енергоефективність, економія ресурсів та адаптація до потреб людини.

Серед ключових елементів кіберфізичних систем у житлових приміщеннях особливе місце посідає опалення. Саме на нього припадає значна частина енергоспоживання, особливо у холодний період року. Проблема полягає в тому, що більшість традиційних систем опалення не враховують змінні фактори: час доби, присутність людей, температуру в різних кімнатах. Як результат - перевитрати енергії та зниження комфорту.

У цьому контексті особливої актуальності набуває розробка інтелектуального засобу керування опаленням, який не лише реагує на зміну температури, а й приймає рішення згідно з певною логікою, наближеною до людської. Саме такою логікою керується експертна система - один з напрямів штучного інтелекту, що дозволяє створити правила на основі реального досвіду та сценаріїв.

У даній роботі розглянуто програмно-апаратний засіб, здатний інтегруватися у систему “розумного будинку” та автономно керувати температурним режимом у приміщенні. Особливу увагу приділено простоті реалізації, використанню доступних апаратних рішень, а також модульності системи, що дозволяє масштабувати її для різних житлових умов.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Аналіз предметної області

Історія створення газового котла почалася в Італії у 17 столітті, оскільки вже тоді почали шукати альтернативу пічному обігріву. По суті, сам винахід можна віднести до заслуг французького фізика Дені Папена, він був першим, хто відкрив котел для опалення у 1679 р. Це був паровий агрегат, який являв собою герметичну посудину циліндричної форми з поршнем і запобіжним клапаном для регулювання внутрішнього тиску. Відтоді розвиток котлів відбувався поступово, з істотними змінами в конструкції агрегатів. Наближені пристрої до нинішніх конвекційних газових котлів з'явилися ближче до кінця 19 століття.

На рис. 1.1 представлено схему першого котла нагрівання замкнутого типу.

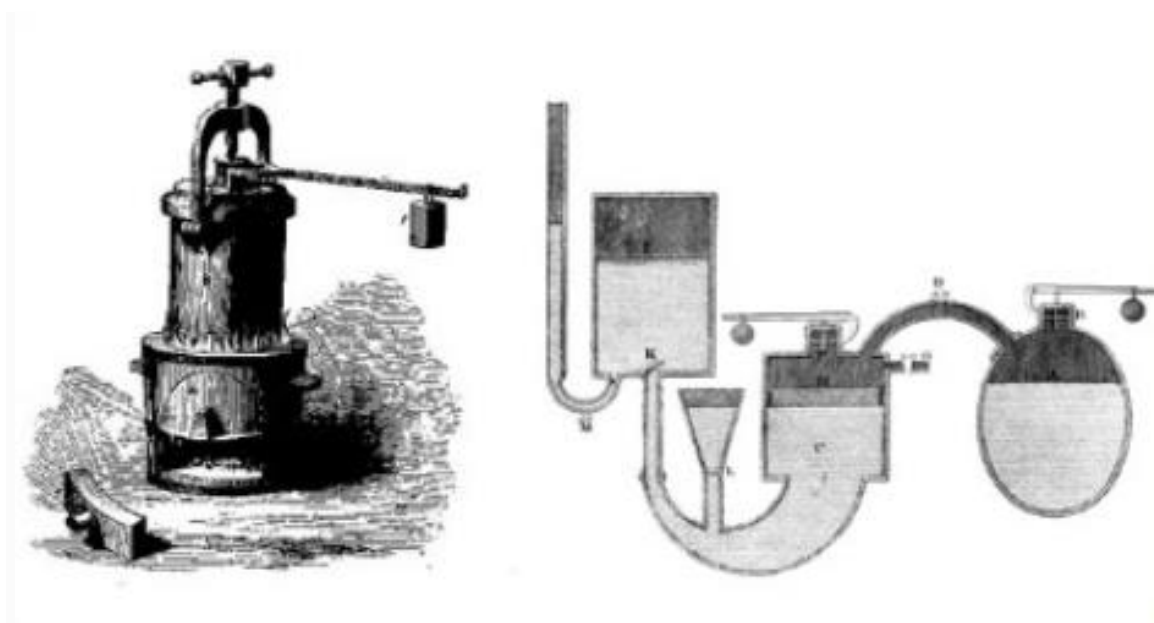


Рисунок 1.1 – Схема першого котла для опалювання[25]

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

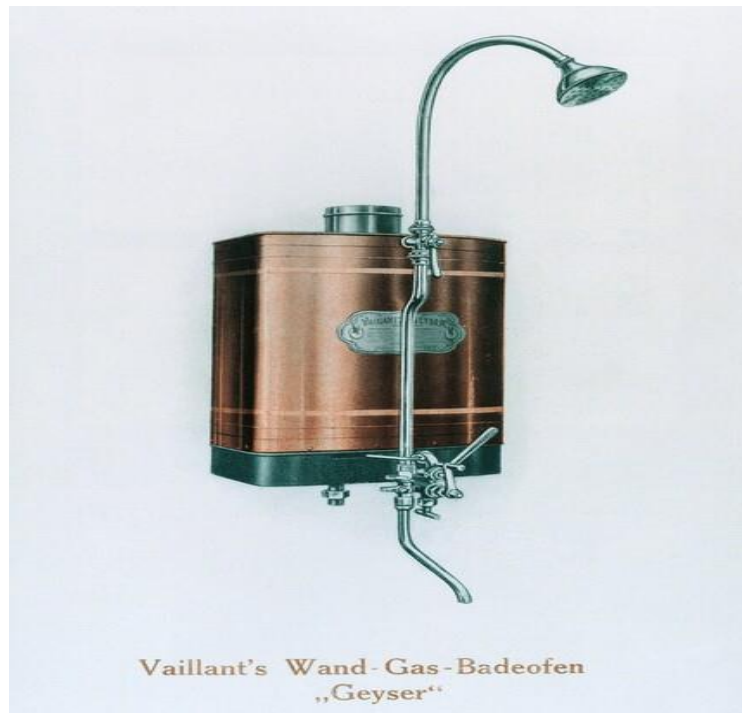


Рисунок 1.2 – Перший нагрівач “замкнутого циклу” винайдений Йоганном Вайллантом у 1894 р.[25]

Французький винахідник Моріс Фріске був першим, хто придумав котел газовий настінного типу. Ця розробка датується 1948 роком. Агрегат втілював усі наявні на той період інновації. Він був одноконтурним і призначався для роботи в системах опалення з природною циркуляцією теплоносія. Серед виробників, хто придумав найперший газовий котел двоконтурного типу, – німецька фірма Vaillant 1962 р. і французька компанія Chaffoteaux 1967 р. Газові котли двоконтурних типів тепер широко використовуються для опалення та підготовки гарячої води.

Коли були винайдені газові котли, їхній ККД становив приблизно 50 %, тому подальші розробки були спрямовані на підвищення ефективності пристроїв, вирішувалися інженерні завдання щодо поліпшення безпеки та автоматизації. У пріоритеті було зменшення габаритів, оскільки перші моделі котлів були масивними й займали багато місця (сучасні газові котли можна встановити навіть на кухні у квартирі).

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Порівняння ККД газового котла 1890 року та сучасного

Щоб котел був вигідним для опалення будинку, він повинен перетворювати енергію на тепло з мінімальними втратами. Що вищий ККД пристрою, то нижча витрата палива і, відповідно, витрати на обігрів. Почалася історія газового котла з моделей, де основним вузлом був чавунний теплообмінник, який характеризувався низькою теплопровідністю і значними втратами тепла. З цієї причини велика частина теплової енергії випаровувалася в навколишнє середовище, знижуючи ефективність приладу. У 1948 році у виробників почали з'являтися газові котли з мідним теплообмінником: вони стали легшими, компактнішими, стійкішими до корозії та температурних перепадів, але їхня головна перевага полягала у збільшеному ККД – завдяки гарній тепловіддачі міді, показники зросли до 93-96 %.

З 1953 року в котлах почали встановлювати нагнітальні вентилятори, хоча до цього моменту газоповітряна суміш надходила на пальник природним чином. Завдяки примусовій подачі повітря в топкову камеру турбованих котлів, вдалося

досягти повнішого згоряння палива, підвищити ККД порівняно з моделями із відкритою камерою майже на 10 % і знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу. Також з'явилася можливість регулювати робочу потужність.

У 1980-х роках почали випускати конденсаційні газові котли, першою була голландська компанія Nefit. Їхній ККД сягає 108 %, оскільки агрегати використовують для нагрівання теплоносія не тільки теплову енергію від згоряння газу, а й енергію конденсації водяної пари, яка виділяється під час горіння. Масове виробництво таких пристроїв запустили в Європі компанії Bosch і Viessmann. Винахід газового котла конденсаційного типу став справжнім проривом у сфері опалювального обладнання, вони, як і раніше, залишаються найефективнішими та найекономнішими на ринку.

## 1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень

Перші газові котли, що з'явилися на ринку, мали досить обмежені можливості. Їх основним призначенням був обігрів приміщень. У 1960 році французькі вчені представили пристрій з додатковим блоком для нагріву води, а в 1986 році італійською компанією Hermann був представлений повноцінний комбінований газовий котел з вбудованим бойлером. Завдяки розвитку електроніки з'явилися перспективи ще більше розширити функціонал котлів. Пристрої, які використовуються зараз, оснащені різноманітними функціями для підвищення зручності користувача:

На початку 2000-х було зроблено наголос на розробку систем бездротового керування роботою котлів. Спочатку підключення здійснювалося через радіоканал, застосовувалися пульти ДУ. Сучасні газові котли з Wi-Fi можуть підключатися до інтернету, тому у користувачів з'явилася можливість керувати опаленням віддалено зі смартфона.

З метою оптимізувати витрати палива, в сучасних моделях пропонуються різні режими економії енергії. Сенсорне керування дає змогу з максимальною

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точністю налаштовувати параметри роботи котла, а також отримувати інформацію про поточні режими завдяки наявності дисплея.

У котлів з'явилися вбудовані запобіжники, які попереджають неполадки, наприклад, замерзання за низьких температур. Система самодіагностики допомагає ідентифікувати причину можливих збоїв у роботі.



Рисунок 1.4 – Наглядний показ керування котлом через телефон

Але тепер стоїть питання: а як зробити систему опалення розумною? Щоб людям не доводилося постійно включати і виключати котел, для забезпечення оптимальної температури в домі. Саме тому зростає роль інтелектуальних компонентів, які здатні автоматизувати цей процес.

Одним із таких ключових елементів є терморегулятор - пристрій, що виступає посередником між джерелом тепла та користувачем, забезпечуючи тонке регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні. Завдяки терморегуляторам з'являється можливість не лише знизити споживання енергоносіїв, але й забезпечити більш стабільний рівень комфорту в будинку. У поєднанні з технологіями «розумного будинку» та методами штучного інтелекту, зокрема експертними системами, терморегулятор перетворюється з простого регулятора температури на повноцінний елемент кіберфізичної системи.



Рисунок 1.5 – Сучасний терморегулятор за сенсорним екраном та можливістю програмування та віддаленого керування через Wi-Fi [35]

### 1.3 Терморегулятор

Терморегулятор - це пристрій, основним завданням якого є автоматичне регулювання температури у приміщенні або конкретному середовищі згідно з заданими параметрами. У контексті кіберфізичних систем «розумного будинку»

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

терморегулятор виступає важливою ланкою в системі керування мікрокліматом, забезпечуючи ефективно, гнучке та енергозберігаюче управління опаленням.

### **Принцип роботи**

Базовий принцип роботи терморегулятора полягає у порівнянні фактичної температури, отриманої від датчика, із заданою температурою (уставкою). Якщо температура вийшла за встановлені межі, пристрій подає команду на увімкнення або вимкнення виконавчого елемента - наприклад, котла, електронагрівача або циркуляційного насоса. Це дозволяє підтримувати температуру в приміщенні в межах заданого діапазону без втручання людини.

### **Типи терморегуляторів**

Терморегулятори поділяються на кілька типів залежно від конструкції, призначення та функціональності:

**Механічні терморегулятори** - найпростіші пристрої, які регулюють температуру за допомогою біметалевих пластин або термостатів. Вони недорогі, але мають низьку точність і обмежені функції.



Рисунок 1.7 – Механічний терморегулятор Woks RTC 70.26 [36]

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Цифрові (електронні) терморегулятори** - оснащені мікроконтролерами, дисплеєм і кнопками керування. Дозволяють встановлювати точні температурні значення, часто мають функцію гістерезису, таймери, захист від перегріву та інші опції.

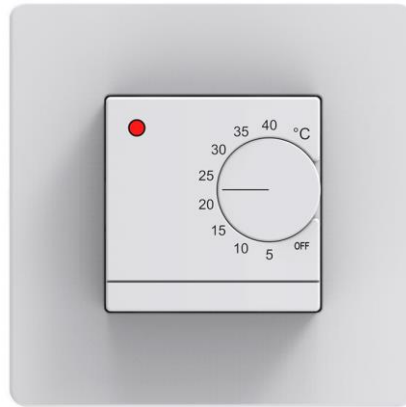


Рисунок 1.6 – Цифровий терморегулятор IN-THERM RTC 19 SL Unica [36]

**Програмовані терморегулятори** - надають можливість задавати графіки температури по годинах і днях тижня. Це дозволяє оптимізувати енергоспоживання, наприклад, знижуючи температуру вночі або коли нікого немає вдома.



Рисунок 1.8 – Програмний терморегулятор IN-THERM E51.716 [36]

**Смарт-терморегулятори** - інтегруються з системами «розумного будинку», підтримують дистанційне керування через мобільний додаток або голосового асистента. Такі пристрої можуть адаптуватися до поведінки користувача, використовувати GPS, штучний інтелект або експертні системи для прийняття рішень.



Рисунок 1.9 – Смарт-терморегулятор NAVIN WT100 B-3A [32]

У складі кіберфізичної системи терморегулятор виконує не лише функцію температурного контролю, але й діє як сенсор та виконавчий механізм у зворотному зв'язку між фізичним середовищем і логікою керування. Його дані можуть передаватися в центральний контролер або експертну систему, яка аналізує умови (температура, вологість, час доби, присутність людей тощо) та приймає рішення про зміну режиму роботи.

Використання терморегулятора з можливістю логічного або нечіткого регулювання дозволяє побудувати інтелектуальну систему опалення, яка реагує не тільки на поточну температуру, а й на прогнози, поведінкові шаблони користувачів та інші зовнішні фактори.

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.4 Постановка задачі

Метою роботи є аналіз автоматизації систем керування мікроклімату, та створення програмно-апаратного засобу гнучкого керування опаленням на основі експертної системи. Основною задачею стоїть:

- Проаналізувати історію створення котлів опалення та терморегуляторі, їх роботи.

-Проаналізувати роботу терморегулятора фірми Navin моделі WT100 В-3А. Його переваги та недоліки в порівнянні з конкурентами.

-Побудувати систему, що може бути реалізована на базі доступних компонентів, легко адаптуватись під потреби користувача та слугувати основою для побудови ширших рішень у галузі “розумного дому”.

Об’єктом дослідження є управління мікрокліматом у приміщенні.

Предметом дослідження є методи керування опаленням за допомогою терморегулятора NAVIN WT100 В-3А.

У роботі запропоновано поєднання програмно-апаратного підходу до керування опаленням із використанням експертної системи прийняття рішень, що дозволяє автоматизовано змінювати параметри мікроклімату залежно від умов середовища та поведінки користувача.

Для вирішення задачі буде використовуватись інформація знайдена в інтернеті, книжках, наукових статтях та порівняння обраного терморегулятора з іншими приладами. Виявлення і опрацювання переваг інших моделей.

## 1.5 Висновки

Не дивлячись на те, що аналоги терморегулятор почали встановлювати в США та Європі ще в 1930 році, більшість сучасних квартир та будинків обладнані лише котлом опалення. Тому додатковою метою є розповісти про терморегулятор оточуючим. Описати про його переваги і недоліки та ,можливо, допомогти у виборі

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даного приладу. Бо терморегулятор забезпечує комфорт у дома та економить ресурси.

У процесі дослідження еволюції опалювальних систем, починаючи з перших котлів до сучасних високотехнологічних рішень, було виявлено, що розвиток цієї галузі є прямим відображенням загального науково-технічного прогресу людства. Від простих дров'яних печей і парових котлів, що використовувалися виключно для обігріву приміщень, ми прийшли до складних, інтелектуальних систем, які не лише забезпечують комфорт, але й ефективно використовують енергію, мінімізуючи вплив на довкілля.

Сучасні технології опалення поєднують у собі автоматизацію, цифрове управління, альтернативні джерела енергії (такі як сонячна або геотермальна), а також здатність до інтеграції у розумні будинки. Це свідчить про перехід від механічних пристроїв до кіберфізичних систем, де енергоефективність, екологічність та комфорт є ключовими критеріями.

Таким чином, еволюція опалювальних систем демонструє не лише технічний прогрес, а й зміну підходів до житлового простору - від простого обігріву до створення інтерактивного середовища, що адаптується до потреб людини. Подальший розвиток у цьому напрямі, ймовірно, буде пов'язаний із ще глибшою інтеграцією штучного інтелекту, машинного навчання та екологічно чистих джерел енергії.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ІНСТРУКЦІЇ ПІДКЛЮЧЕННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ НЕДОЛІКІВ У МОДЕЛІ NAVIN WT100 В-3А

Модель терморегулятора Navin WT100 В-3А має досить широкий функціонал, однак її реальне використання у побутових умовах показує низку недоліків, які можуть впливати на зручність експлуатації та сумісність із сучасними технологіями. У цьому розділі буде розглянуто схему підключення, інструкцію та практичні обмеження, з якими стикаються користувачі, а також порівняння моделі з альтернативними рішеннями.



Рисунок 2.1– Приклад терморегулятора[32]

### 2.1 Інструкції з експлуатації

#### Монтаж термостату

Для встановлення терморегулятора спочатку необхідно підготувати під нього місце встановлення, для більш естетичного вигляду.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1. Необхідно вирізати місце для підрозетника.



Рисунок 2.2– вигляд внутрішнього підрозетника розміра 68x68 Підключити блок живлення відповідно електричної схеми наведеної нижче (рисунок 2.2).

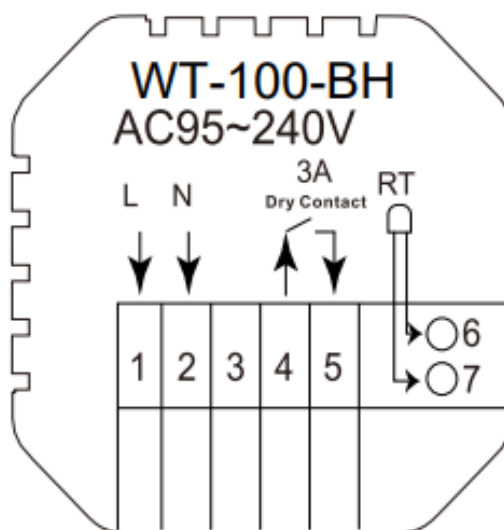


Рисунок 2.2– Схема підключення проводів до блоку термостату для опалення за допомогою газового котла

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1. Відокремити джерело живлення від кабелю плати керування.

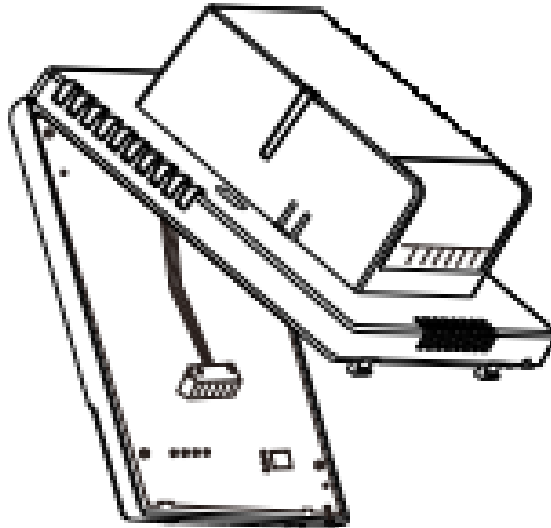


Рисунок 2.3– Відокремлення джерела живлення від плати керування

2. Вкрутити блок живлення в підрозетник

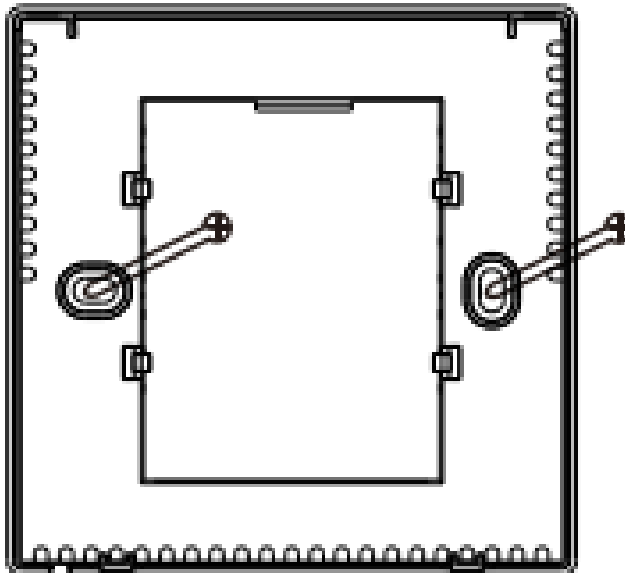


Рисунок 2.4– схема встановлення блока живлення в підрозетник

3. Підключити плату живлення до лінії плати керування.

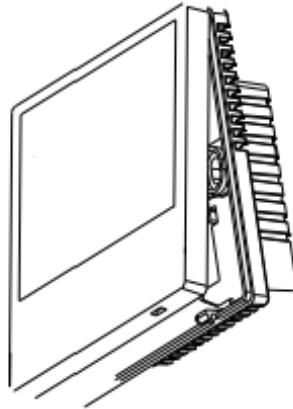


Рисунок 2.1.5 – Підключення плати живлення до плати керування

## Експлуатація

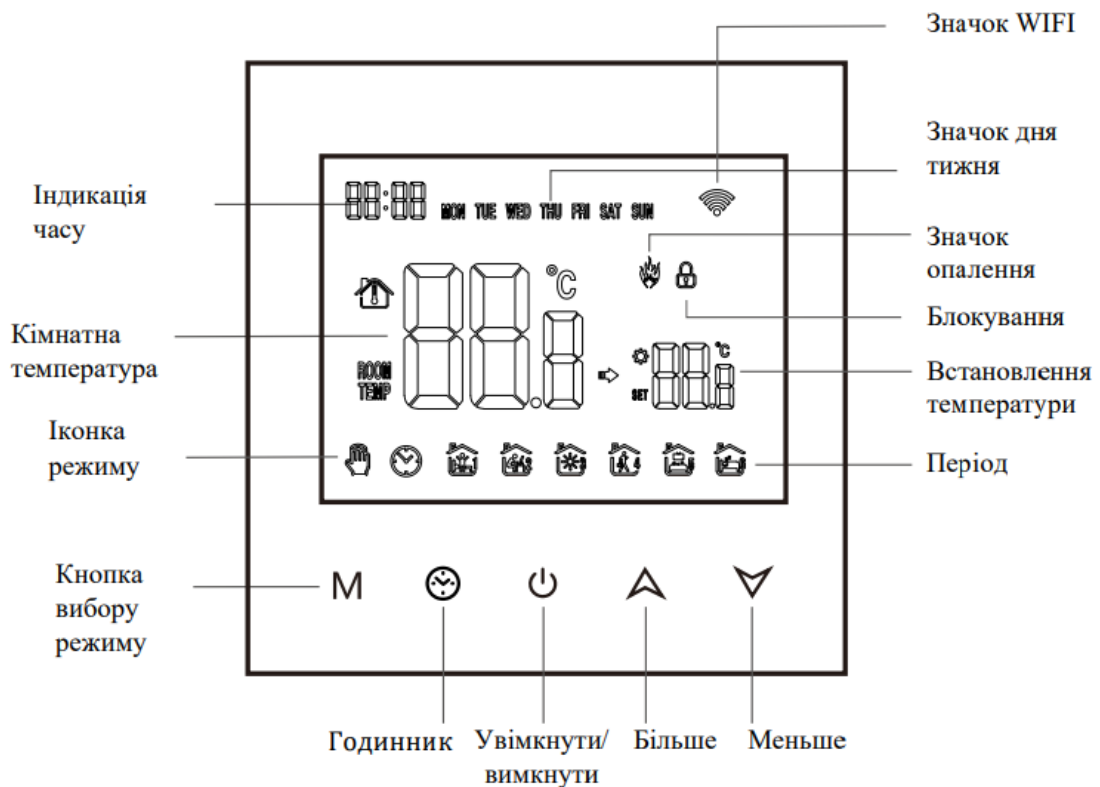



Рисунок 2.6– опис позначок терморегулятора

1. Для увімкнення/вимкнення: необхідно натиснути кнопку  (увімкнути/вимкнути) на термостаті.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ

Арк.  
19

2. Натиснути клавішу М для перемикання між ручним та автоматичними режимами.

3. В автоматичному режимі натиснути клавішу ^ (більше) або v (менше) для регулювання температури, після чого, термостат перейде в автоматичний режим, який працює тільки деякий час.

4. Натиснути кнопку ☺ (годинник) для входу в режим налаштування годинника, натиснути кнопку М для перемикання опцій налаштування і натискати кнопки більше і вниз для регулювання значень кожного параметра.

5. Одночасно натиснути і утримувати протягом п'яти секунд клавіші більше і менше, щоб додати або скасувати блокування від дітей.



### Інструкція з програмування часу

Необхідно утримувати кнопки М і менше, щоб відкрити режим програмування, коротким натиском на кнопку М можна перемикати режими, натисканням кнопок більше і менше налаштовують параметри кожної опції, для виходу з режиму і збереження необхідно натиснути ⏻ (увімкнути/вимкнути).

Кнопка	Опції	Значок	Час	Налашт. часу	За замовчуванням	Налаштув. температури	
☺	Робочі дні	1		06:00	^	20°C	^
		2		08:00		16°C	
		3		11:30		16°C	
		4		12:30		16°C	
		5		17:00		22°C	
		6		22:00		16°C	
	Вихідні дні	1		08:00	v	22°C	v
		2		23:00		16°C	

Рисунок 2.7– схема можливих опцій налаштування

## Розширене налаштування параметрів

У стані вимкнення натиснути і утримувати клавіші M і  (годинник). Натиснути кнопку M для входу в наступну опцію, потім натискаючи клавіші більше і менше налаштовувати опції, і натиснувши кнопку  (увімкнути/вимкнути) вийти з режиму розширеного налаштування.

Таблиця 1.1 – Розширене налаштування параметрів

№	Назва параметра	Опис
01	Компенсація температури	За замовчуванням значення температури калібрувального приміщення становить $-2^{\circ}\text{C}$ . Для регулювання натискайте кнопки вгору та вниз. Діапазон: $-9.9^{\circ}\text{C}$ до $9.9^{\circ}\text{C}$ .
02	Вибір датчика	За замовчуванням встановлено значення IN. Натисніть кнопку вгору або вниз для вибору внутрішнього/зовнішнього/обох датчиків (ALL = всі датчики).
03	Зміна значення граничної температури	За замовчуванням гранична температура — $35^{\circ}\text{C}$ . Діапазон: від $5^{\circ}\text{C}$ до $60^{\circ}\text{C}$ .
04	Налаштування різниці температур	За замовчуванням — $1^{\circ}\text{C}$ . Натисканням клавіш можна змінити діапазон від 0.5 до $10^{\circ}\text{C}$ .
05	Функція антизамерзання	У положенні OFF — вимкнено. Увімкнення захисту — натисніть для вмикання, індикація ON.

Кінець таблиці 1.1

06	Вибір для відпочинку та програмування завершального тижня	За замовчуванням встановлено подвійний відпочинок. Натисніть кнопку для вибору: одинарний (1–5), одноденний (1–6) або відсутність (1–7).
07	Вибір головного і допоміжного реверсу (додатково)	За замовчуванням — 0. Значення 01 активує функції основного, 02 — допоміжного реверсу.
08	Час затримки виходу пасивної тяги (додатково)	За замовчуванням — 0 хвилин. Натискайте кнопки для зміни від 0.5 до 5 хв.
09	Встановлення верхньої межі температури	Встановіть верхню межу температури — від 35 °С до 95 °С.
10	Скидання	Встановлює заводські налаштування. Для цього натисніть кнопку введення при встановленому значенні.

## 2.2 Підключення до WiFi, реєстрація облікового запису та додавання пристрою

Перед першим використання терморегулятора, WiFi необхідно під'єднатись до телефона або планшета, що дасть змогу забезпечити зв'язок між під'єднаними пристроями.

Під'єднання до WiFi: Під час увімкнення термостата натиснути і утримувати кнопку більше впродовж восьми секунд, на дисплеї термостата заблимає значок WiFi і термостат перейде в стан узгодження коду.

### 1. Завантаження програми

Знайти або завантажити застосунок "TuYa Smart" або відсканувати QR-код, який знаходиться в посібнику користувача термостату.



Рисунок 2.8– Qr-код для завантаження застосунку TuYa Smart

### 2. Реєстрація облікового запису

Якщо у немає облікового запису в застосунку, можна зареєструватися або увійти в систему за допомогою коду перевірки SMS. Натиснути кнопку "Створити новий обліковий запис", щоб перейти на сторінку політики конфіденційності TuYa Smart Platform. Після натискання кнопки "Згоден" перейти на сторінку реєстрації номера мобільного телефону.

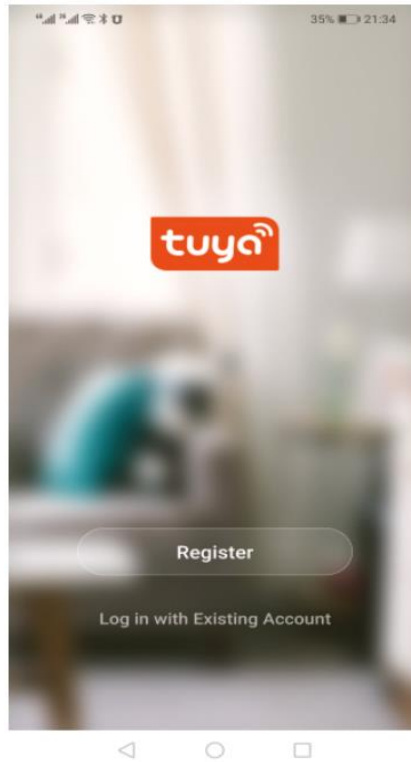


Рисунок 2.9– Початковий екран реєстрації

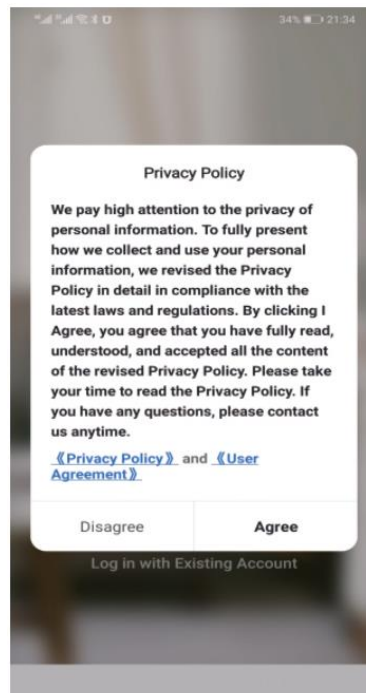


Рисунок 2.10– Політика конфіденційності

Система автоматично визначає поточну країну/регіон, або можна вручну обрати країну/регіон, ввести номер телефону або адресу електронної пошти та

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

натиснути кнопку "Отримати код перевірки". Введіть отриманий код. Потім введіть пароль. Для успішної реєстрації натисніть кнопку "Готово".

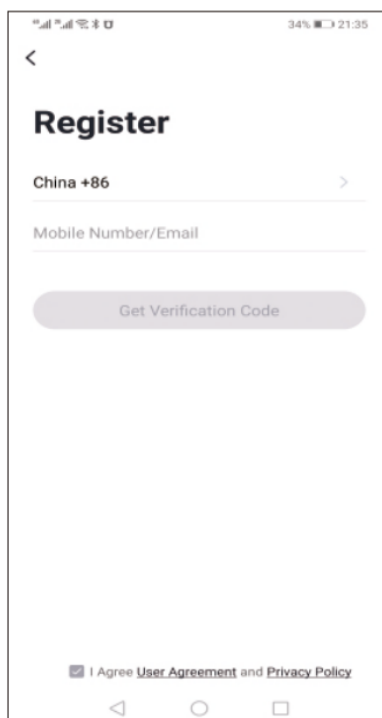


Рисунок 2.11– Екран вибору країни і номеру телефону

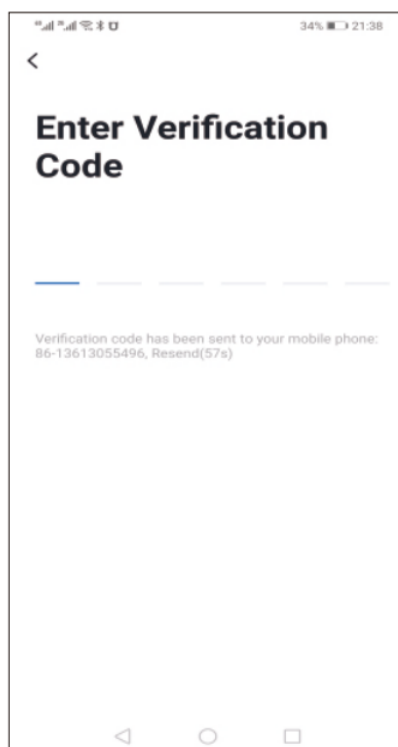


Рисунок 2.12– Екран підтвердження коду верифікації

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ

Арк.  
25

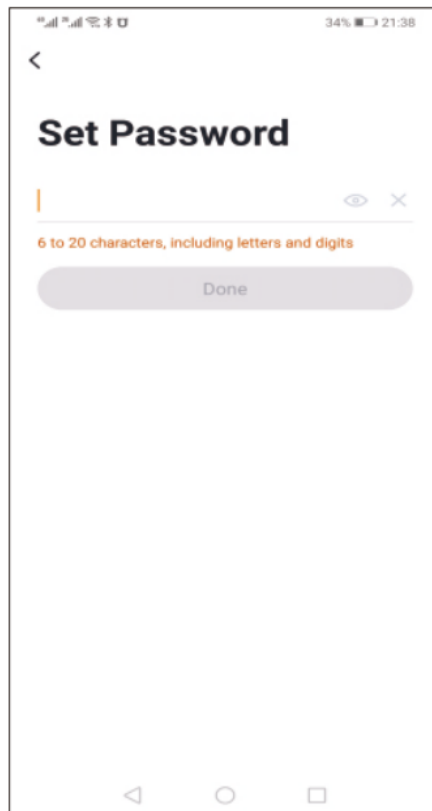


Рисунок 2.13– Екран створення паролю для застосунка

### 3. Додати пристрій

1: (Bluetooth-з'єднання) Увімкнути Bluetooth мобільного телефону, увімкнути пристрій і увійти у додаток TuYa Smart. Натиснути кнопку “Додати пристрій” або “+” у правому верхньому кутку головної сторінки застосунку і увійти в інтерфейс “Додати пристрій”. З’явиться запит: знайдіть пристрій, що додається (рисунок 2.2.7), і дотримуватись підказок.

2: “Автоматичне виявлення”: Виконати пошук пристроїв (рисунок 2.2.8) і додати віджети відповідно до підказок на сторінці телефону.

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

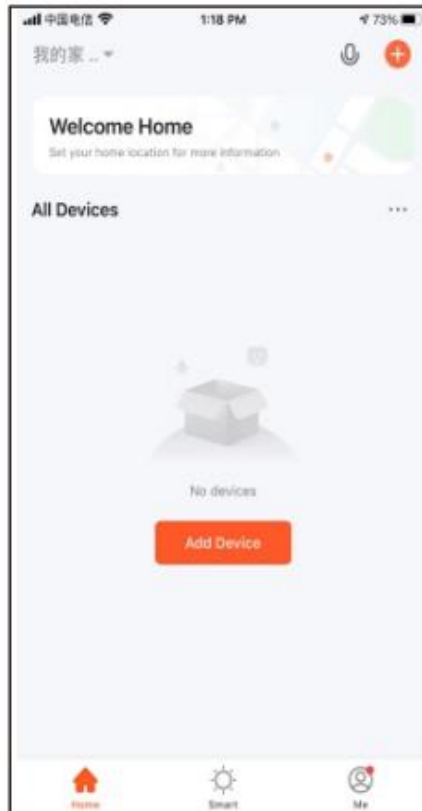


Рисунок 2.14– Головна сторінка застосунку

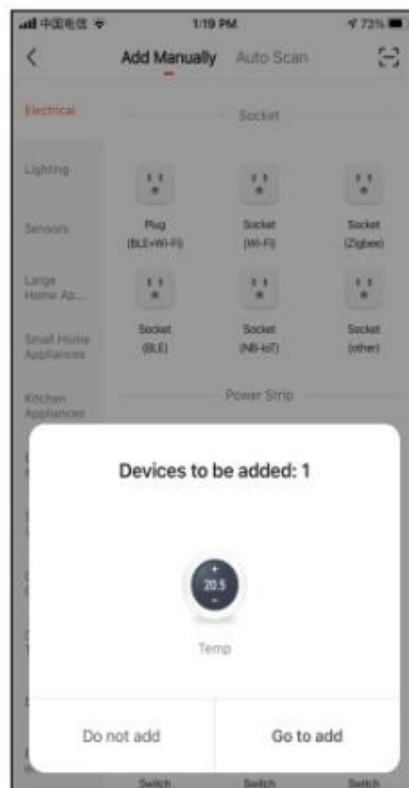


Рисунок 2.16– Екран ручного додавання пристрою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ

Арк.  
27

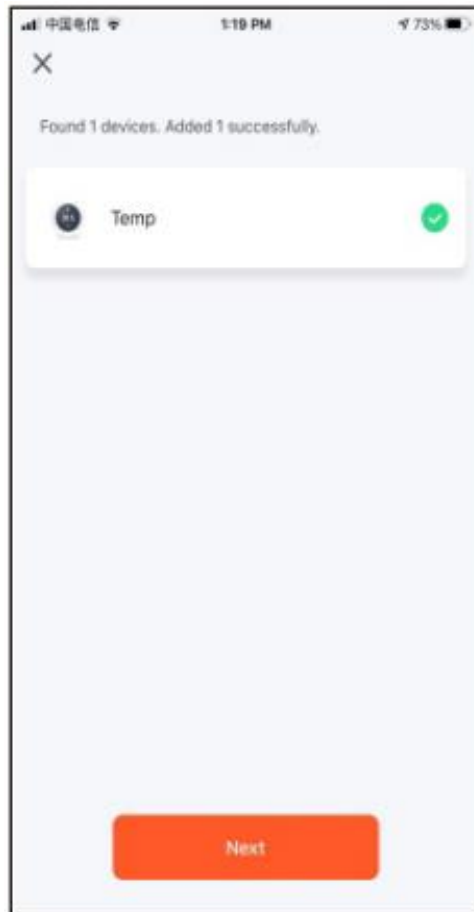


Рисунок 2.15– Екран автоматичного пошуку пристрою

3: (Підключення до WIFI) За увімкненого термостата натиснути і утримувати кнопку “вгору” протягом 5 секунд, на дисплеї термостата почне блимати значок WIFI (повільне миготіння), і термостат переходить у стан підбору коду. Знайти термостат (модель Bluetooth + WIFI) у розділі (дрібна побутова техніка). У режимі налаштування зазначеної мережі натиснути кнопку підтвердження на сторінці, обрати WIFI, який може підключатися до Інтернету в робочій зоні пристрою, і ввести його. Пароль WIFI, натиснути кнопку Next, відповідно до підказки сторінки (рисунок 2.18) натисніть “Go to connect” і, дотримуючись інструкцій, знайти вміст підказки (рисунок 2.19), натиснути “Prompt content” і поверніться до застосунку Туа для входу в процес налаштування мережі.



Рисунок 2.17– Экран ручного додавання терморегулятора

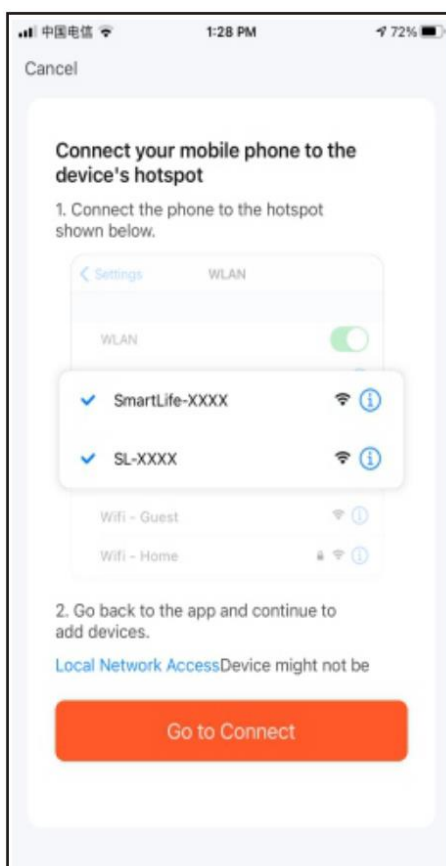


Рисунок 2.18– Підказка по пошуку терморегулятора

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

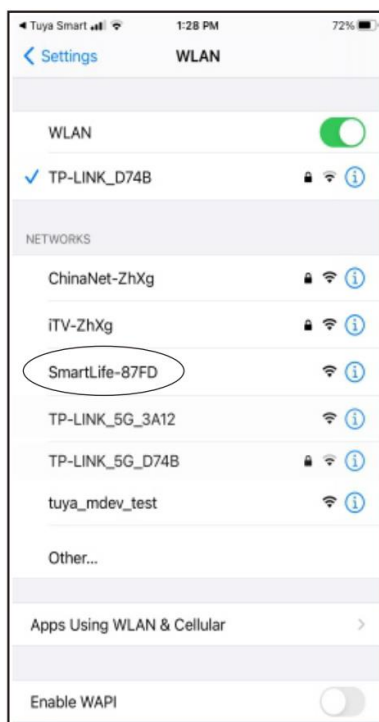


Рисунок 2.19– Підключення до терморегулятора

У цьому разі застосунок для процесу конфігурування мережі показано на рисунку 2.20, а в разі успішного конфігурування мережі відображається інтерфейс, показаний на рисунку 2.21. Ім'я пристрою під час успішної конфігурації мережі можна змінити, а також вибрати місце розташування кімнати.

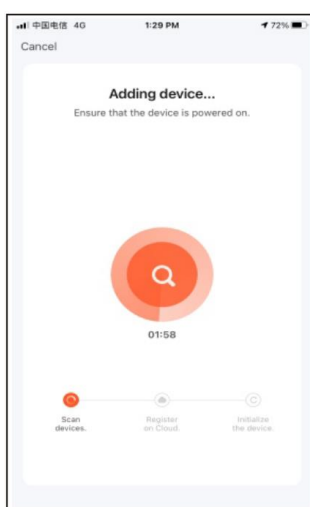


Рисунок 2.20– Екран пошуку пристрою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

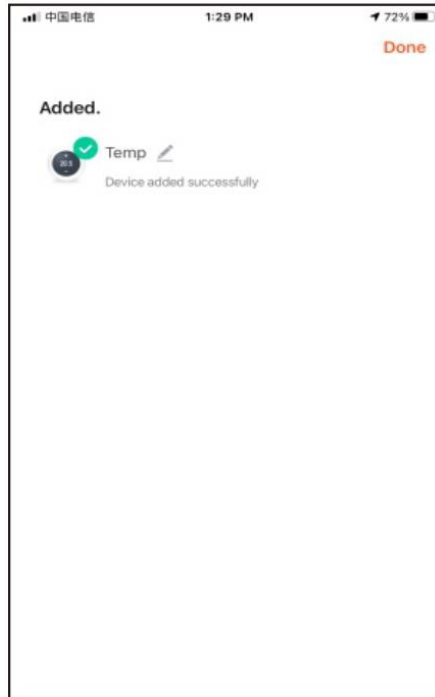


Рисунок 2.21– Екран успішного додавання пристрою

Якщо конфігурація мережі не вдалася, додаток відобразить сторінку, як показано на рисунку 2.22, і буде можливість вибрати повторне додавання або переглянути довідку.

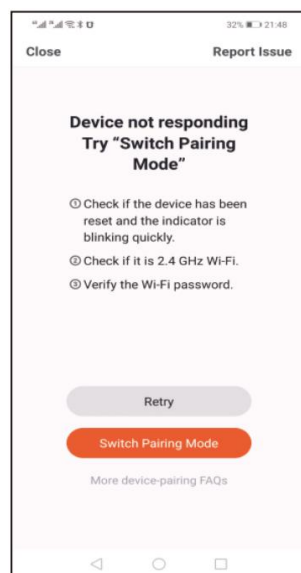


Рисунок 2.22– Екран помилки підключення пристрою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

#### 4. Відображення інтерфейсу застосунка термостата



Рисунок 2.23– Екран додатку увімкненого режиму термостату

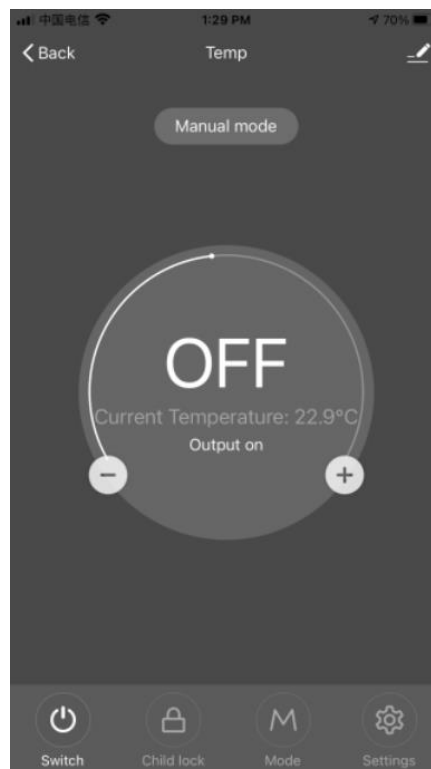


Рисунок 2.24– Екран додатку вимкненого режиму термостата

## 2.3 Основні недоліки

Першою та основною проблемою є його ціна, яка на сьогоднішній день становить 1790 гривень за один пристрій. Але для оптимальної роботи, терморегулятор має стояти у кожній кімнаті квартири або будинку.

На прикладі двокімнатної квартири(рис.2.25) було позначено орієнтовані місця встановлення терморегуляторів.



Рисунок 2.25– Схема двокімнатної квартири(червоними кружками позначені місця встановлення терморегуляторів)

Таким чином можна підрахувати, що для двокімнатної квартири знадобиться 6 терморегуляторів, що в сумі будуть коштувати 10740 гривень.

Ще однією проблемою є складність інтерфейсу. Навіть при наявності сенсорного екрану, логіка навігації в меню потребує звикання. Багато користувачів

вказують, що без ретельного ознайомлення з інструкцією налаштування здається заплутаним.

Крім цього, дисплей пристрою має постійну яскравість, що в темний час доби створює дискомфорт у спальні або дитячій кімнаті. Також не передбачено автоматичного перемикавання між режимами економії енергії та комфорту залежно від присутності людей у приміщенні.

Ще одним недоліком є сам терморегулятор, а точніше те, що він виділяється в дизайні кімнати та привертає багато уваги. Для когось, це не є значною проблемою, але якщо розглядати сучасний розумний будинок, в якому частіше за все використовують модерний дизайн, то пристрій, який дуже рідко використовується стає вагомим проблемою.



Рисунок 2.26– Вигляд терморегулятора на стіні кімнати

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4 Другорядні проблеми моделі Navin WT100 B-3A

### Не найзручніший сенсорний інтерфейс

Кнопки реагують не завжди чітко, особливо якщо натискати їх у кутку. У деяких випадках потрібні сильніші або повторні дотики.

### Обмежена сумісність із деякими системами “розумного дому”

Хоча терморегулятор підтримує Wi-Fi, він не завжди легко інтегрується з екосистемами типу Home Assistant, Google Home чи Apple HomeKit без додаткових налаштувань або прошивок.

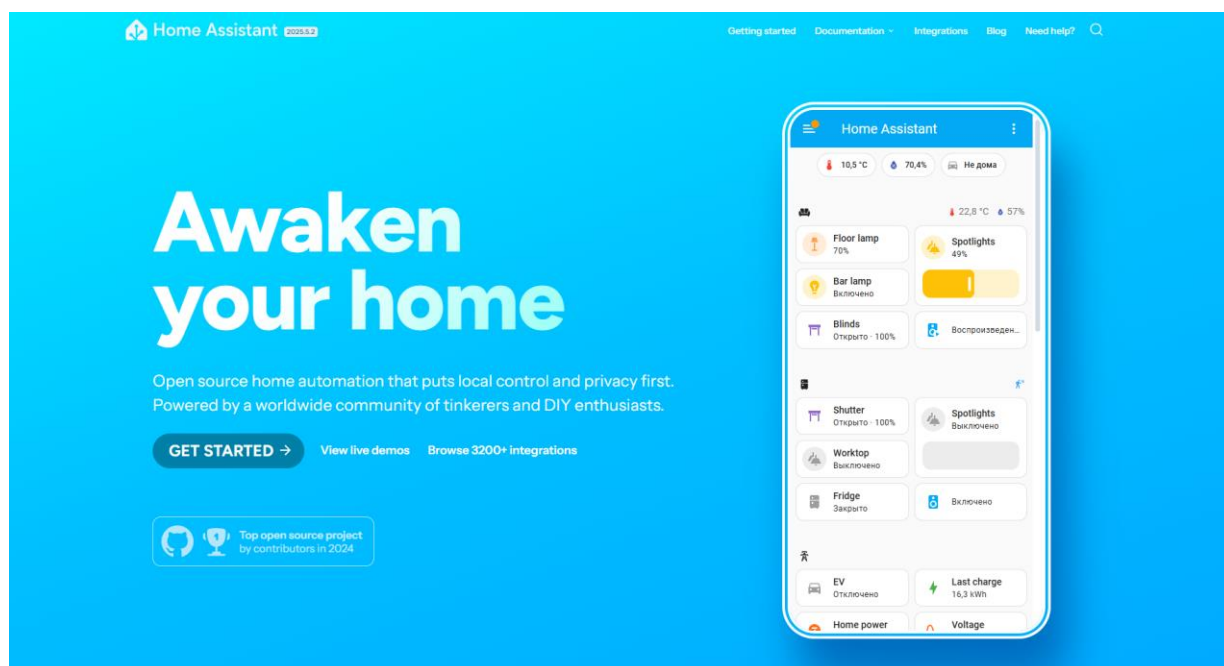


Рисунок 2.27– екосистема “розумного дому” Home Assistant

### Відсутність мобільного додатку виробника

Часто доводиться користуватися сторонніми додатками або універсальними платформами (як TuYa Smart або Smart Life), що може обмежувати функціонал.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

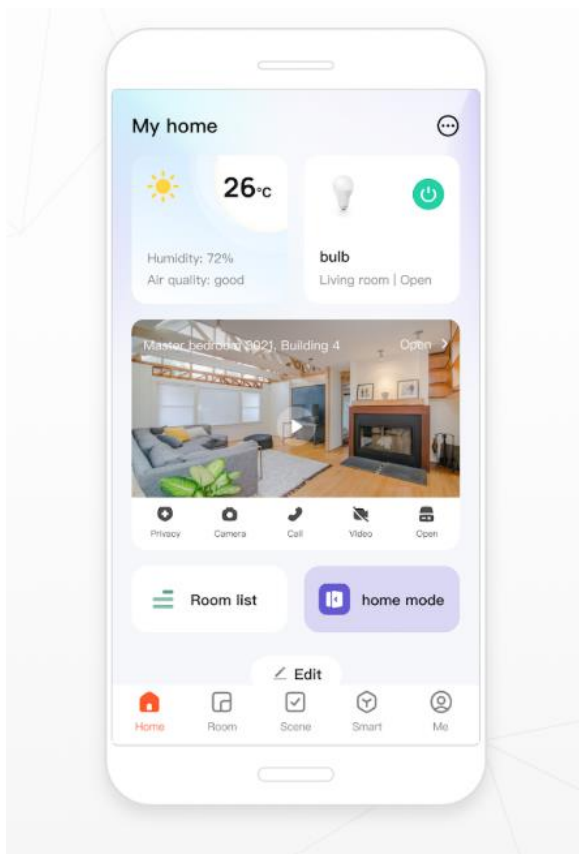


Рисунок 2.28– Мобільний додаток екосистеми “розумного дому” TuYa Smart

## 2.5 Плюси моделі Navin WT100 В-3А

### 1. Точне регулювання температури

Висока точність вимірювання та підтримки температури ( $\pm 0,5$  °C) забезпечує комфорт та енергоефективність.

### 2. Програмований таймер на тиждень

Дає змогу створити розклад обігріву по днях і годинах, що зручно для оптимізації споживання енергії та підвищення комфорту.

### 3. Підтримка кількох типів систем опалення

Працює з електричними теплими підлогами, водяними системами та іншими електричними нагрівачами.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Захист від перегріву та замерзання

Є вбудовані функції безпеки, які запобігають перегріву або замерзанню системи при зниженні температури.

#### 2.6 Порівняння з іншими моделями терморегуляторів

Для порівняння я обрав наступні моделі терморегуляторів:

Представлені на рисунках 2.29, 2.30, 2.31, терморегулятори були обрані через велику кількість схожих функцій, з обраним для огляду Navin WT100 B-3A.

В таблиці 2.1, найважливішими критеріями для порівняння будуть:

- наявність мобільного додатку;
- зручність інтерфейсу для користувача;
- цінова політика;
- підтримка систем опалення;
- інтеграція в систему “розумний дім”;
- Додаткові функції.



Рисунок 2.29– Терморегулятор Terneo SX[34]



Рисунок 2.30– Терморегулятор Grand Meyer HW500-WIFI[35]



Рисунок 2.31– Терморегулятор Heatit Z-TRM3 (Z-Wave)[33]

Таблиця 2.1- Порівняння характеристик терморегуляторів

<b>Характеристика</b>	<b>NAVIN WT100 B-3A</b>	<b>Terneo SX</b>	<b>Grand Meyer HW500-WIFI</b>	<b>Heatit Z-TRM (Z-Wave)</b>
<b>Тип керування</b>	Сенсорне, Wi-Fi	Сенсорне, Wi-Fi	Сенсорне, Wi-Fi	Сенсорне, Wi-Fi
<b>Додаток</b>	Tuya Smart / Smart Life	myTerneo	Smart Life / Tuya	Інтеграція в Z-Wave мережі
<b>Програмування на тиждень</b>	Так	Так	Так	Так
<b>Інтерфейс користувача</b>	Мінімалістичний, базовий	Інтуїтивний, зручний	Досить простий	Складний для новачків
<b>Ціна в гривнях</b>	1790	1277	1 950	8892
<b>Підтримка систем</b>	Водяне, електричне опалення	Електричне, водяне	Переважно електричне	Універсальна, Z-Wave
<b>Інтеграція в "розумний дім"</b>	Часткова (через Tuya/Smart Life)	Часткова	Часткова	Повна (через Z-Wave)
<b>Додаткові функції</b>	Захист від замерзання, блокування	Автовизначення навантажень	Пам'ять при відключенні живлення	PID-регулювання, мультисцена рії
<b>Дизайн/Матеріали</b>	Сучасний, глянець	Стриманий, матовий	Стильний, з LED індикаторами	Преміальний, але суворий

## 2.7 Висновки

Терморегулятор **NAVIN WT100 B-3A** є гідним представником сегменту бюджетних Wi-Fi-рішень для керування системами опалення. Він пропонує базову функціональність, стильний дизайн та можливість дистанційного керування через популярні платформи на зразок **Tuya Smart**, що робить його привабливим для більшості користувачів, які прагнуть автоматизувати свій дім без значних фінансових витрат.

У порівнянні з конкурентами, такими як **Terneo SX**, **Grand Meyer HW500-WIFI** чи **Heatit Z-TRM3**, модель NAVIN WT100 B-3A виграє за співвідношенням ціна/можливості, проте поступається у гнучкості інтеграції, зручності інтерфейсу та підтримці розширених “розумних” сценаріїв. Для користувачів, яким важливі глибока інтеграція в екосистему “розумного дому” або використання специфічних протоколів типу **Z-Wave**, доцільніше обирати інші моделі.

Порівнюючи *Navin WT100 B-3A* з моделями **Terneo SX**, **Grand Meyer HW500-WIFI** та **Heatit Z-TRM3**, можна помітити, що жодна з них не є універсальною. Проте кожна з моделей має свої переваги: одні пропонують кращу інтеграцію, інші - більшу гнучкість у налаштуванні сценаріїв.

Модель *Navin* вигідно вирізняється ціною та простотою інсталяції, однак поступається у зручності налаштування та масштабованості. Деякі конкурентні моделі також пропонують кращу ергономіку, підтримку голосових асистентів та локальні протоколи зв'язку, наприклад, ZigBee або Z-Wave. Загалом, NAVIN WT100 B-3A - це оптимальний вибір для простого та доступного контролю опалення, з базовим рівнем автоматизації, особливо для невеликих квартир або приватних будинків без складних систем управління.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ

#### 3.1 Загальна структура системи

Розроблена система керування опаленням є частиною кіберфізичної системи типу “розумний дім” і складається з апаратних та програмних компонентів, що взаємодіють між собою через локальну мережу або інтернет. Її основна функція - моніторинг температури в приміщенні та регулювання нагріву відповідно до встановлених правил, сформованих у базі знань експертної системи.

На загальному рівні система складається з таких основних блоків:

– **Мікроконтролер** (ESP32 або аналогічний), який є центральним керуючим елементом.



Рисунок 3.1– Мікроконтролер ESP32 ESP-32 WIFI Bluetooth[40]

– **Цифровий температурний датчик** (DS18B20), що передає дані про поточну температуру.

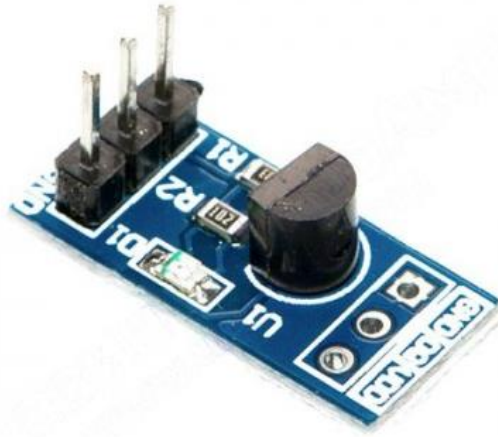


Рисунок 3.2– Модуль датчика температури DS18B20[39]

– **Виконавчий модуль** - силове реле, що керує ввімкненням або вимкненням опалювального приладу.

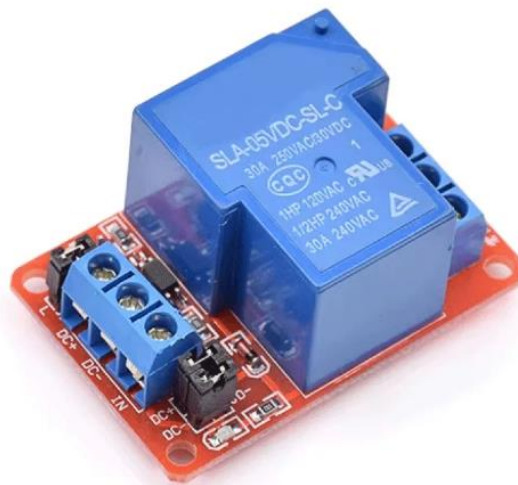


Рисунок 3.3– одноканальний модуль реле FC-65[39]

– **Блок живлення**, що забезпечує стабільну роботу пристрою.  
– **Мережевий інтерфейс** - Wi-Fi модуль, що забезпечує зв'язок із мобільним додатком або локальним сервером.

– **Програмна частина**, в якій реалізована експертна система для прийняття рішень, а також логіка збору даних, обробки та передачі користувачу.

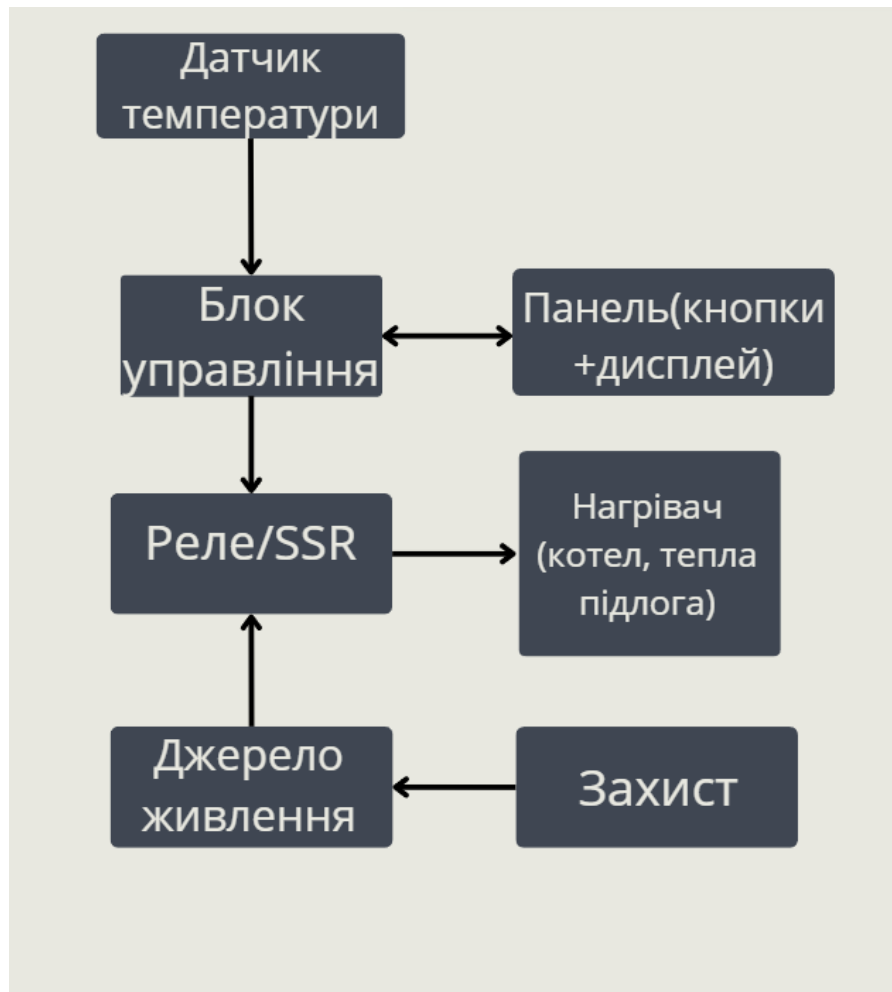


Рисунок 3.4– Блок-схема взаємодії елементів терморегулятора

### 3.2 Апаратна частина

Апаратна частина є основою функціонування будь-якої автоматизованої системи, зокрема - і в проєкті програмно-апаратного засобу керування опаленням. Вона забезпечує зчитування фізичних параметрів (температури, вологості), виконує керівні дії (вмикання/вимикання опалення) та відповідає за обмін інформацією з іншими частинами системи або з користувачем.

У межах цієї роботи було розроблено апаратну платформу, що реалізує базову архітектуру системи керування опаленням. Основними складовими апаратної частини є:

### 1. Мікроконтролер ESP32

Мікроконтролер виконує роль центрального керуючого пристрою. Він зчитує дані з датчиків, аналізує їх згідно з закладеними правилами, приймає рішення про керування виконавчими пристроями, а також відповідає за зв'язок з інтерфейсом користувача.

Переваги використання ESP32:

- наявність вбудованого модуля Wi-Fi і Bluetooth;
- достатня кількість цифрових входів/виходів для підключення сенсорів та реле;
- підтримка OTA (Over-The-Air) оновлень;
- можливість реалізації локального вебінтерфейсу.

### 2. Температурний датчик DS18B20

Для вимірювання температури в приміщенні використовується цифровий сенсор DS18B20, який має точність  $\pm 0.5$  °C та підтримує протокол 1-Wire, що дозволяє підключати декілька датчиків до одного піну мікроконтролера.

Цей сенсор вибрано завдяки:

- цифровому типу передавання даних (менше похибок);
- легкому підключенню;
- можливості використання як у повітрі, так і для вимірювання температури поверхонь або рідин;
- модуль реле.

3. Модуль реле використовується як виконавчий пристрій, що керує опалювальним елементом - електричним нагрівачем, котлом або іншим пристроєм. У даній конфігурації використовується одне 5V реле, здатне комутувати навантаження до 10 А / 220 В.

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реле керується сигналом з GPIO мікроконтролера. При активації вмикається нагрівач, а при досягненні встановленого температурного порогу - вимикається.

#### 4. Живлення

Система живиться від стандартного адаптера 5 В (2 А). У разі використання ESP32 з кількома датчиками та реле доцільно використовувати стабілізований блок живлення. Також може бути реалізоване резервне живлення (акумулятор або джерело безперебійного живлення).

#### 5. Необов'язкові компоненти

- Датчик вологості DHT22 - для розширеного контролю мікроклімату.



Рисунок 3.5– Датчик вологості і температури DHT22[38]

- Датчик руху (PIR) - для виявлення присутності користувача і переходу в економний режим.



Рисунок 3.6– Датчик руху МОТОВО[37]

- Кнопки / LED - для ручного керування або сигналізації.



Рисунок 3.7– блок-схема підключення компонентів

### 3.3 Програмна частина

Програмна частина є центральною логічною складовою всієї системи керування опаленням. Вона відповідає за зчитування даних з датчиків, обробку інформації згідно з експертними правилами, прийняття рішень щодо вмикання/вимикання опалення, а також за обмін інформацією з користувачем через інтерфейс.

### Основні функції програмного забезпечення:

- Мікrontроллер зчитує значення температури з цифрових сенсорів;
- аналізує температуру та час доби відповідно заданих правил;
- надсилає команду реле для включення або вимкнення опалення;
- надсилає данні в додаток;
- отримує команди від користувача;
- записує свої дії в журнал для перегляду користувача;
- повторює цикл.

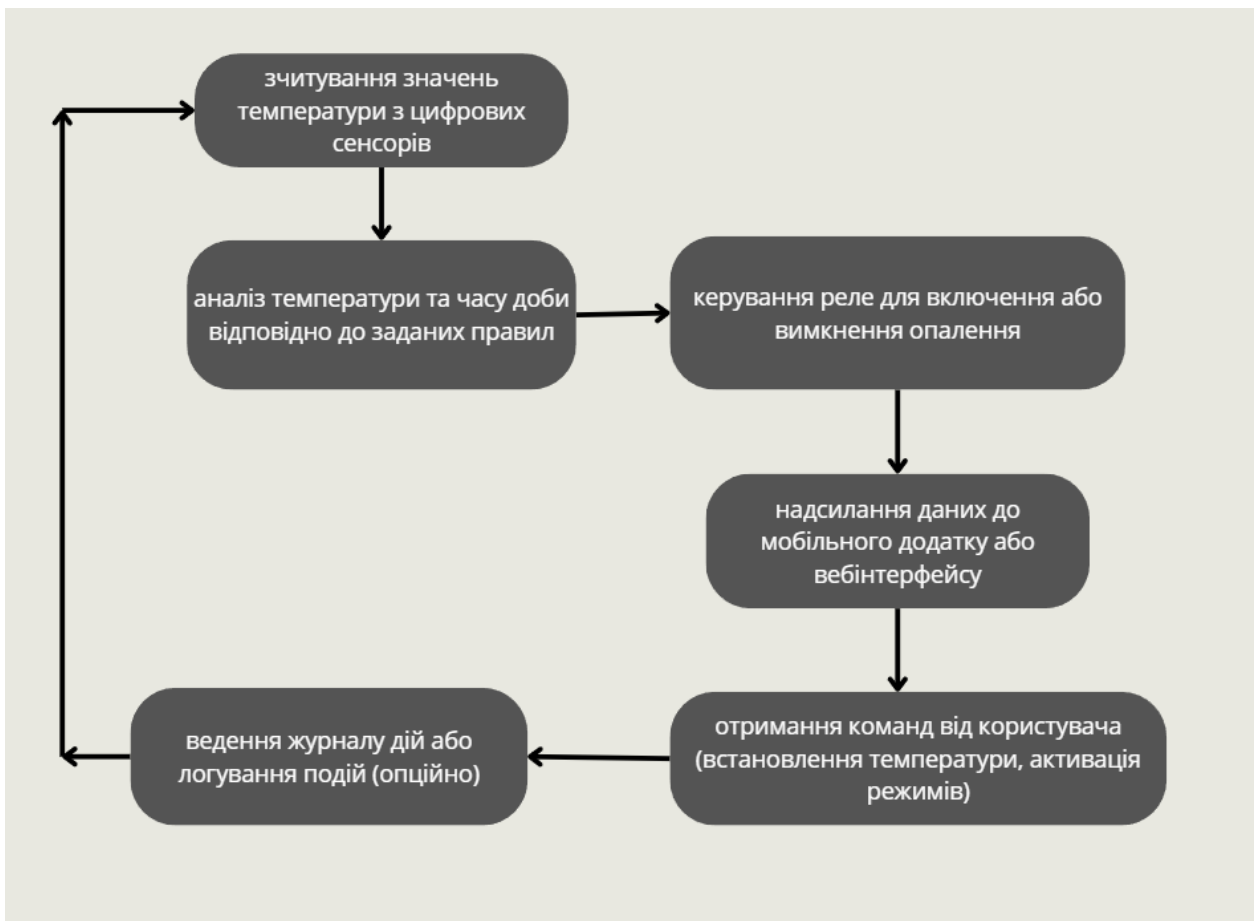


Рисунок 3.8– Схема функцій програмного забезпечення

### Середовище розробки

Прошивка мікроконтролера реалізована на базі мови програмування C++ з використанням середовища Arduino IDE. Альтернативно може бути використано

MicroPython або ESPHome, якщо пріоритет надається гнучкому редагуванню без перекомпіляції.

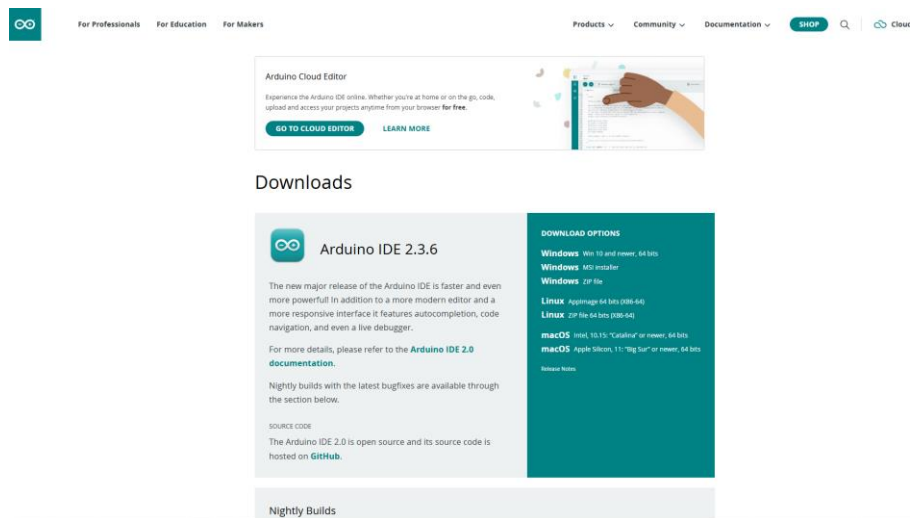


Рисунок 3.9– Головна сторінка сайту Arduino

У прошивці для керування термостатом Navin WT100 В-3А використано наступні бібліотеки:

- OneWire та DallasTemperature - для роботи з датчиком DS18B20;
- WiFi - для підключення до мережі;
- HTTPClient або MQTT - для обміну даними з інтерфейсом користувача;
- Relay або прості цифрові GPIO-функції - для керування реле.

Алгоритм роботи прошивки:

1. Ініціалізація компонентів: налаштування пінів, підключення до Wi-Fi
2. Зчитування температури з сенсора
3. Перевірка наявності активного сценарію (економний, комфорт, нічний тощо)
4. Зіставлення поточної температури з пороговими значеннями
5. Прийняття рішення:
  - якщо температура нижча за поріг - вмикається реле (нагрів)
  - якщо вища - вимикається
6. Передача даних у вебінтерфейс або мобільний додаток

Очікування затримки (наприклад п'ять секунд) та повтор циклу

### Мобільний або вебінтерфейс

Залежно від реалізації, користувач має змогу:

- бачити поточну температуру
- змінювати бажану температуру
- активувати/деактивувати сценарії
- переглядати статус опалення

Для демонстрації функцій було обрано мобільний додаток Google Home

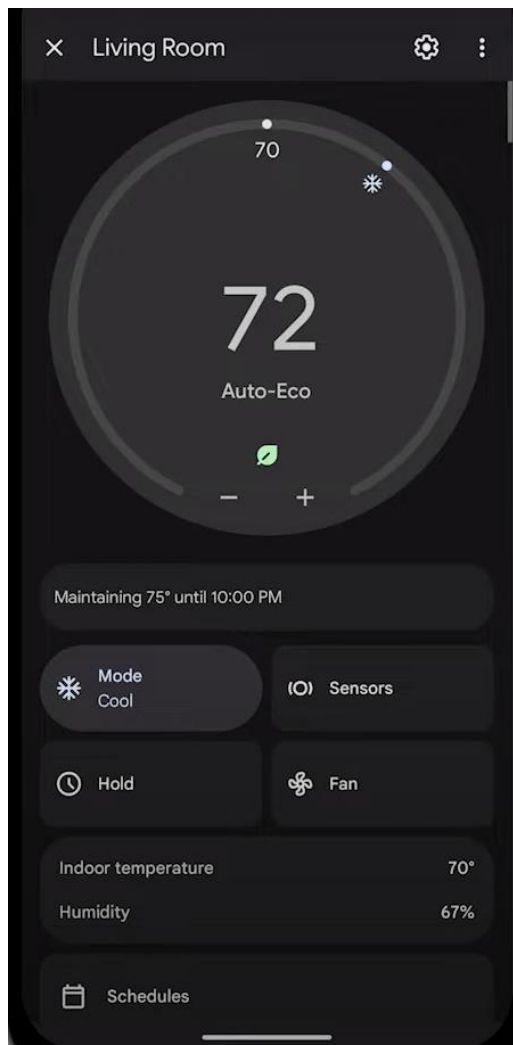


Рисунок 3.10– Налаштування температури у додатку

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

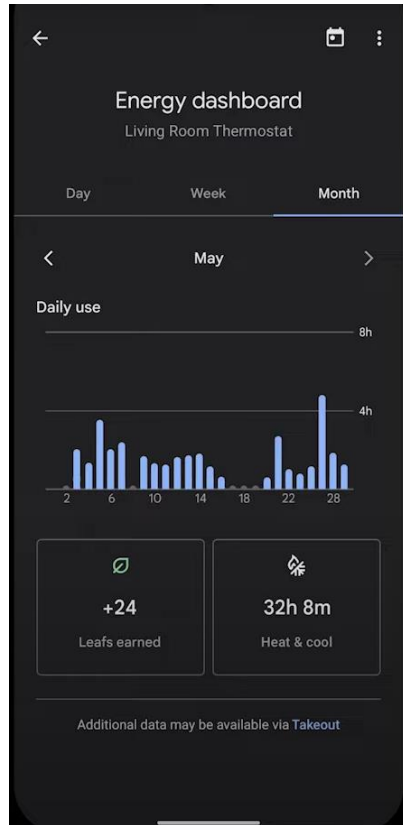


Рисунок 3.11– Екран з діаграмою роботи котла

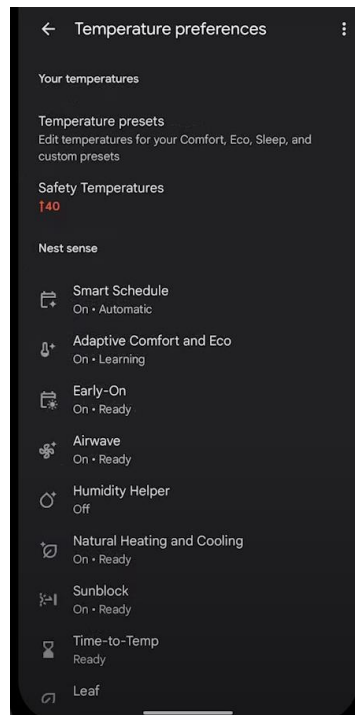


Рисунок 3.12– Налаштування режимів

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

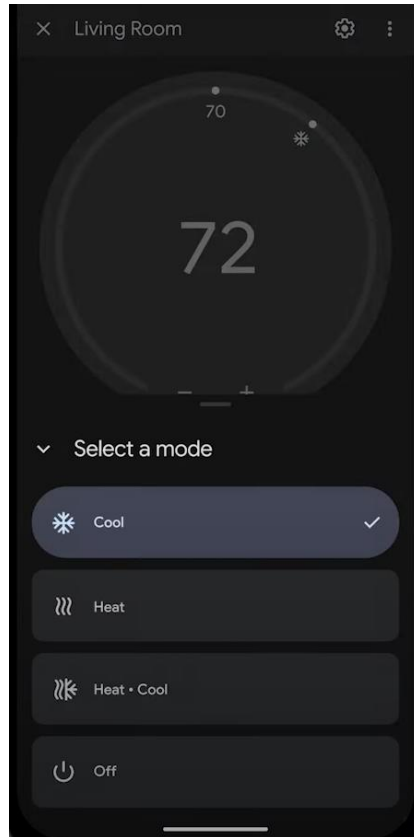


Рисунок 3.13– Меню вибору сезонів

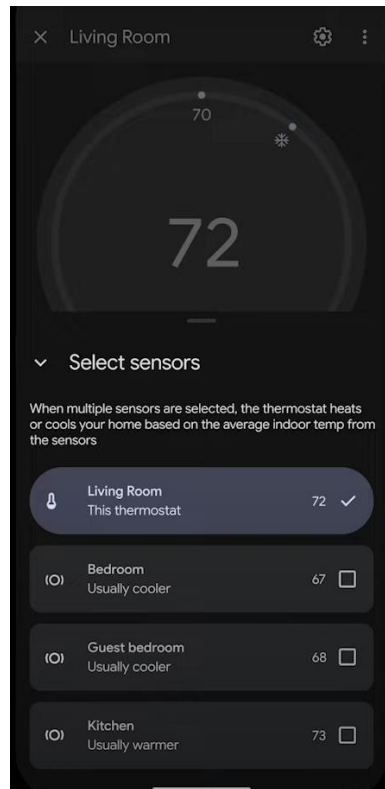


Рисунок 3.14– Меню перегляду температури в різних кімнатах

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



### 3.4 Експертна система керування опаленням

У межах проекту особливу роль виконує експертна система, яка забезпечує інтелектуальну логіку прийняття рішень при керуванні температурним режимом у приміщенні. Вона дозволяє не просто підтримувати сталу температуру, а адаптувати поведінку системи до умов середовища, часу доби, сценаріїв користувача та інших факторів.

#### 1. Поняття експертної системи у проекті

Експертна система – це програмний модуль, який оперує правилами типу “якщо... то...”, що імітують процес мислення спеціаліста в галузі. У даному випадку - спеціаліста з енергоефективного керування мікрокліматом.

Особливість полягає в тому, що користувач або розробник може створювати нові правила або змінювати існуючі без переписування програмного коду.

#### 2. Структура експертної системи

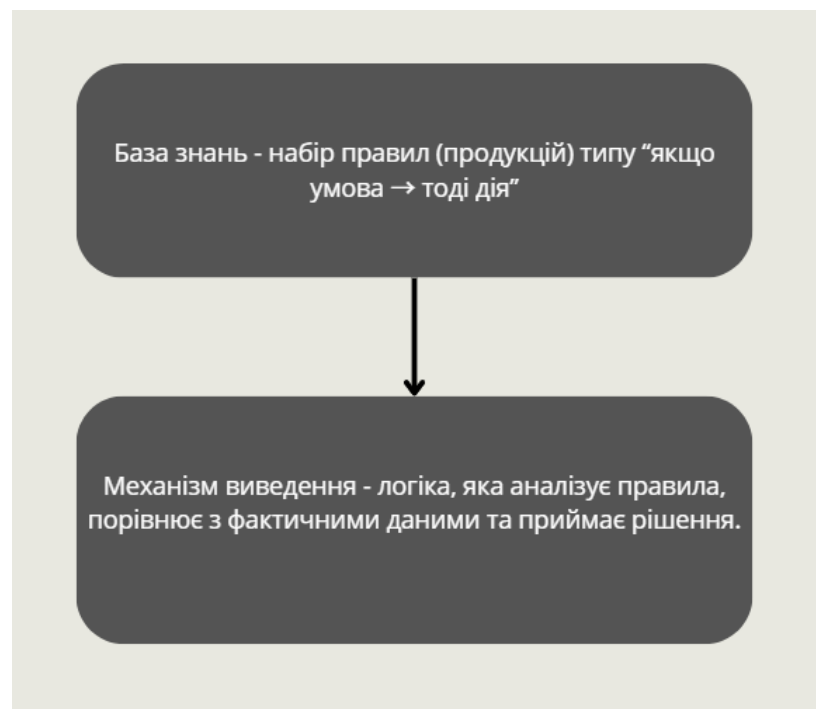


Рисунок 3.17– Схема правил експертної системи

### 3. Приклади правил у базі знань наведені у таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Приклади правил

№	Умова	Дія
1	Температура $< 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ і час між 06:00–08:00	Увімкнути опалення
2	Температура $> 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ і присутність людей не виявлена	Вимкнути опалення
3	Температура $< 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нічний час (00:00–06:00)	Увімкнути опалення на мін. рівень
4	Вікно відкрите $> 3$ хвилин	Вимкнути обігрів в цій зоні
5	Режим "відпустка" активований	Встановити температуру = $16\text{ }^{\circ}\text{C}$

Такі правила можуть зберігатись у таблиці, JSON-файлі або простому списку в кодї. Їх можна редагувати через інтерфейс або окрему конфігурацію.

#### 4. Робота механізму виведення

Механізм виведення проходить по кожному правилу, порівнює умову з поточними даними (температура, час, присутність тощо) та виконує відповідну дію.

Основні принципи:

- Пріоритетність: наприклад, нічний режим має вищий пріоритет за денний
- Множинні умови: правила можуть містити кілька умов
- Циклічне оновлення: система перевіряє умови кожні 10–30 секунд.

#### 5. Переваги експертної системи:

Гнучкість: правила легко змінювати

Моделювання поведінки “людини” - наприклад, врахування комфорту, звичок.

Автономність: система приймає рішення без участі користувача.

Можливість розширення: додаються нові умови - наприклад, вологість, прогнози погоди, тарифи на електроенергію.

6. Обмеження та недоліки:

- Необхідність чіткого формулювання правил.
- Відсутність “інтуїції” - якщо не описати сценарій, система його не врахує.

При великій кількості правил потрібен ефективний механізм оптимізації (наприклад, зберігання у вигляді дерева рішень).

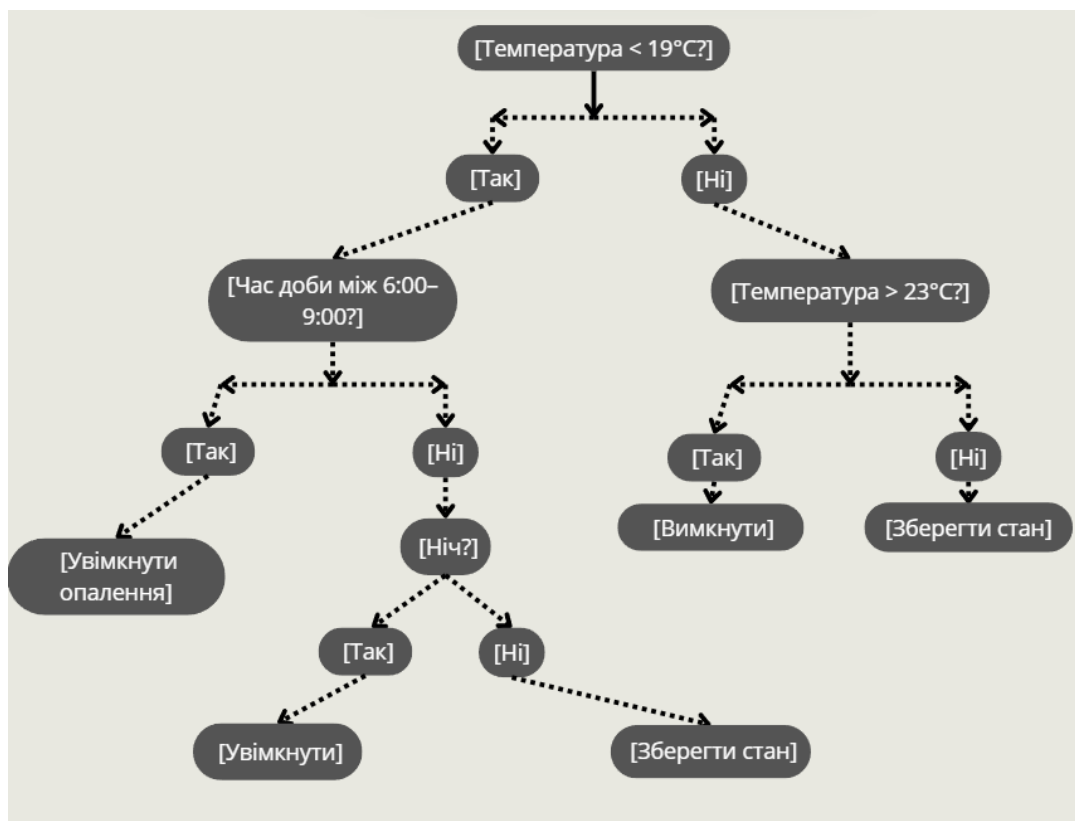


Рисунок 3.18– Приклад дерева рішень

Експертна система, реалізована в межах цієї роботи, забезпечує розумне адаптивне керування опаленням, яке враховує поведінку користувача, час доби, мікроклімат та інші фактори. Завдяки простій модифікації правил, система легко адаптується під різні типи приміщень і вимоги.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.5 Перспективи розвитку системи

Розроблена система програмно-апаратного керування опаленням є базовим, але функціональним прототипом, який можна адаптувати під реальні умови експлуатації. Вона вже демонструє здатність автоматизовано контролювати мікроклімат у приміщенні, однак у перспективі її можна значно розширити як з технічного, так і з функціонального боку.

#### **Використання альтернативних протоколів зв'язку**

На сьогоднішньому етапі зв'язок здійснюється через Wi-Fi. Для зменшення енергоспоживання та підвищення надійності у великих системах можливе впровадження:

- ZigBee - для побудови масштабованої бездротової мережі
- LoRa - для передавання даних на великі відстані

MQTT - для більш стабільної та безпечної комунікації в межах локального сервера

#### **Інтеграція з іншими системами розумного дому**

Розширення взаємодії з іншими модулями (освітлення, безпека, вентиляція) дозволить реалізувати більш складні сценарії:

- при відкритті вікна - вимикається не лише опалення, а й кондиціонер
- при виході з дому - система автоматично переводиться в економний режим

при появі руху - активується комфортний температурний рівень

#### **Використання прогнозних моделей**

Можна інтегрувати:

- погодні API - щоб знижувати температуру напередодні потепління
- динамічні тарифи на електроенергію - для вибору найекономнішого часу для обігріву

- машинне навчання - для адаптації системи до поведінки користувача

#### **Резервне живлення та захист від збоїв**

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підвищення надійності в умовах нестабільного електропостачання  
МОЖЛИВО:

- додати джерело безперебійного живлення (акумулятор або модуль UPS)
- реалізувати збереження останніх налаштувань у EEPROM або SD-карті
- вбудувати сигнали про помилки (наприклад, через Telegram-бота або push-повідомлення)

### **Удосконалення інтерфейсу користувача**

Інтерфейс може бути покращений за рахунок

- додавання мобільного застосунку з візуалізацією температури
- підтримки голосових помічників (Google Assistant, Alexa)

створення інтуїтивно зрозумілого веб-інтерфейсу з підтримкою адаптивного дизайну

У розробленій системі значний потенціал для розвитку. Її відкритість, гнучкість і простота інтеграції дозволяють поступово масштабувати рішення від простого домашнього пристрою - до повноцінної частини системи розумного дому або промислової платформи мікроклімату.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи на тему «Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи» було досліджено, спроектовано та представлено концепцію сучасного рішення для автоматизованого контролю мікроклімату у приміщеннях.

У першому розділі було здійснено огляд існуючих систем керування опаленням, зокрема історію створення котлів опалення, їх вдосконалення та терморегуляторів типу Navin WT100 B-3A. Проаналізовано їхні переваги та недоліки, а також визначено основні обмеження в аспекті інтеграції у комплексні системи «розумного дому».

У другому розділі розглянуто функціональні характеристики терморегуляторів, виявлено технічні та експлуатаційні недоліки типових пристроїв. Проведено порівняння з іншими моделями, сформульовано основні вимоги до більш гнучкого і автономного керування опаленням.

У третьому розділі було запропоновано архітектуру програмно-апаратного засобу, реалізовано логіку роботи та структуру експертної системи. Система ґрунтується на мікроконтролері ESP32, цифрових датчиках температури та модулі реле, що дозволяє керувати опаленням відповідно до заданих правил. Було також розроблено приклади сценаріїв, механізм виведення рішень та розглянуто можливі модулі розширення.

Особливістю запропонованої моделі є використання експертної системи, яка дозволяє легко налаштовувати логіку роботи системи без перепрограмування, а також підтримка віддаленого керування через веб-інтерфейс або мобільний додаток.

Практичне значення роботи полягає в тому, що така система може бути реалізована на базі доступних компонентів, легко адаптується під потреби

					КвРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

користувача та може слугувати основою для побудови ширших рішень у галузі “розумного дому”.

Поставлена мета дипломної роботи - створення програмно-апаратного засобу з можливістю гнучкого керування опаленням на основі експертної системи - була досягнута.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Bakker. Anton. Johan H. Huijsing. “Micropower CMOS temperature sensor with digital output.” *IEEE Journal of Solid-State Circuits* 31.7 (2019): Pp. 933-937.
2. Meijer. Gerard CM. Guijie Wang. Ali Heidary. “Smart temperature sensors and temperature sensor systems.” *Smart Sensors and MEMs*. Woodhead Publishing. 2018. Pp. 57-85.
3. Arduino IDE 2.3.6 URL: <https://www.arduino.cc/en/software/> (Дата звернення 25.5.2025).
4. Meijer. Wang. Heidary. Smart temperature sensors and temperature sensor systems. In *Smart Sensors and MEMs*. Woodhead Publishing. (2018). Pp. 57-85.
5. Wang. Aili. “A 9-Bit Resistor-Based Highly Digital Temperature Sensor With a SAR-Quantization Embedded Differential Low-Pass Filter in 65-nm CMOS With a 2.5- $\mu$ s Conversion Time.” *IEEE Sensors Journal* 19.17 (2019). Pp. 7215-7225.
6. Shin. Jaeho. “Sensitive wearable temperature sensor with seamless monolithic integration.” *Advanced Materials* 32.2 (2020). Pp. 1905527.
7. Muhammad Farisjati. Hardika Khusnuliawati. *Rancang Bangun Prototype Automatic Door Lock Menggunakan Modul RTC Berbasis Arduino*. Diss. Universitas Sahid Surakarta. 2023.
8. Fischer. Mathias S. and Martin C. Fischer. “Cost-effective, open-source light shutters with Arduino control.” *HardwareX*. (2024). Pp. e00548.
9. Rodríguez. Jacinto D. Cabrera. *CONOCIENDO EL ESP8266: UNIVERSO NodeMCU ESP8266*. Jacinto D. Cabrera Rodríguez. 2024.
10. Gunay. H. Burak. et al. “Development and implementation of a thermostat learning algorithm.” *Science and Technology for the Built Environment* 24.1.2018. Pp 43-56.
11. Huchuk, Brent. William O'Brien. and Scott Sanner. “A longitudinal study of thermostat behaviors based on climate, seasonal, and energy price considerations using connected thermostat data.” *Building and Environment* 13.9.2018: Pp 199-210.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Huchuk, Brent. William O'brien. and Scott Sanner. "Exploring smart thermostat users' schedule override behaviors and the energy consequences." *Science and Technology for the Built Environment* 27.2 (2020): Pp 195-210.

13. Ghasemi Zavaragh. Hadi. et al. "Experimental analysis and evaluation of thermostat effects on engine cooling system." *Journal of Thermal Science* 30 (2021): Pp 540-550.

14. Pang. Zhihong. et al. "How much HVAC energy could be saved from the occupant-centric smart home thermostat: A nationwide simulation study." *Applied Energy* 283 (2021): 116251.

15. I Live in a Thermostat Museum URL: [https://carolynlawantiques.com/i-live-in-a-thermostat-museum/?utm\\_source](https://carolynlawantiques.com/i-live-in-a-thermostat-museum/?utm_source) (дата звернення 23.05.2025).

16. HVAC maintenance URL: [https://boundshvac.com/a-brief-history-of-thermostats/#utm\\_source](https://boundshvac.com/a-brief-history-of-thermostats/#utm_source) (дата звернення 23.05.2025).

17. The History of Thermostats and Their Evolution to Smart URL: [https://getmysa.com/blogs/home-automation/the-history-of-thermostats-and-their-evolution-to-smart?utm\\_source](https://getmysa.com/blogs/home-automation/the-history-of-thermostats-and-their-evolution-to-smart?utm_source) (дата звернення 20.05.2025).

18. Illustrated history of the thermostat URL: [https://www.endesa.com/en/blogs/endesa-s-blog/air-conditioning/illustrated-history-of-the-thermostat?utm\\_source](https://www.endesa.com/en/blogs/endesa-s-blog/air-conditioning/illustrated-history-of-the-thermostat?utm_source) (дата звернення 25.05.2025).

19. Cheng. Li. James E. Braun. and W. Travis Horton. "Load-based testing using a thermostat environment emulator." *International Journal of Refrigeration* 126 (2021): Pp 109-122.

20. Wang. Haiying. Bjarne W. Olesen. and Ongun B. Kazanci. "Using thermostats for indoor climate control in offices: The effect on thermal comfort and heating/cooling energy use." *Energy and Buildings* 188 (2019): Pp 71-83.

21. Li. Han. et al. "Building thermal dynamics modeling with deep transfer learning using a large residential smart thermostat dataset." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 130 (2024): 107701.

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Wei. Maolin. et al. "Performance study and application of new coal-fired boiler flue gas heat recovery system." *Applied energy* 18.8.2017: Pp 121-129.
23. Beccali. Marco. et al. "Electrical hybrid heat pumps assisted by natural gas boilers: A review." *Applied Energy* 322 2022: 119466.
24. Mikielwicz. Dariusz. Jan Wajs. and Jarosław Mikielwicz. "Gas boiler as a heat source for the domestic micro-CHP." *Journal of Power Technologies* 94 (2016): Pp 317-322.
25. Lee. Seungro. Sung-Min Kum. and Chang-Eon Lee. "Performances of a heat exchanger and pilot boiler for the development of a condensing gas boiler." *Energy* 36.7 (2017): Pp 3945-3951.
26. Zhu. Kan. et al. "Total heat recovery of gas boiler by absorption heat pump and direct-contact heat exchanger." *Applied thermal engineering* 71.1 (2019): Pp 213-218.
27. Hinrichs. Jörn. et al. "Numerical and experimental investigation of pollutant formation and emissions in a full-scale cylindrical heating unit of a condensing gas boiler." *Applied Energy* 229 (2018): Pp 977-989.
28. Yin. Lan. "Comprehensive method to study the development of tuya company and provide development suggestions." *2022 7th International Conference on Social Sciences and Economic Development (ICSSSED 2022)*. Atlantis Press, 2022.
29. Guetter. D. Luntovskyy. A. (2022, February). Smart home: protocols, platforms and best practices. In *IEEE International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering* (pp. 73-84).
30. Kashyap. Satadru. Sushen Kirtania. and Sanjib Banerjee. "Smart Biomaterials for Thermal Regulation in Biomedical Applications." *Engineering Materials for Efficient Energy Storage and Conversion*. IGI Global, 2024. Pp 377-418.
31. Zaerov. E. Letskovska. S. Seymenliyski K. Simionov R. (2020, October). PV system monitoring by IoT in smart university. In *Proceedings of the 9th International Conference on Telecommunications and Remote Sensing* (pp. 44-49).

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Терморегулятор для котлів опалення Navin WT100 В-3А з Wi-Fi URL: <https://rozetka.com.ua/ua/navin-24-204273-8686/p464055664/> (дата звернення 23.05.2025).

33. Терморегулятор Heatit Z-TRM3 URL: <https://newpol.org.ua/images/product/1/9589b7443.jpg> (дата звернення 23.05.2025).

34. Терморегулятор для теплого пола сенсорний Terneo s білий URL: [https://comfortpol.com.ua/termoregulyator-sensornyj-terneo-s-belyj.html?utm\\_source=google&utm\\_campaign=20196571652&utm\\_medium=cpc&gclid=CjwKCAjw87XBBhBIEiwAxP3\\_A5S5ZqKwQxHKMuhmAJQWGIT5KiOCVjxDyIN06aRWF5QCajClhdoBuxoCAY0QAvD\\_BwE](https://comfortpol.com.ua/termoregulyator-sensornyj-terneo-s-belyj.html?utm_source=google&utm_campaign=20196571652&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjw87XBBhBIEiwAxP3_A5S5ZqKwQxHKMuhmAJQWGIT5KiOCVjxDyIN06aRWF5QCajClhdoBuxoCAY0QAvD_BwE) (дата звернення 24.05.2025).

35. WiFi терморегулятор для теплої підлоги та електричного опалення AC605H URL: <https://new-electric.pl/uk/2513-3432-wifi-termoregulator-dla-teploi-pidlogi-ta-elektricznogo-opalenna-ac605h.html> (дата звернення 20.05.2025).

36. Термостат MoesGo Smart WiFi з контролем температури для систем опалення з газовим котлом URL: <https://prom.ua/ua/p1801851953-termostat-moesgo-smart.html> (дата звернення 25.05.2025).

37. Датчик руху врізний #05/1 білий 360° макс. 100 Вт 18мм URL: [https://led-lenta.com.ua/ru/datchyk-rukhu-vriznyi-05-1-bilyi-360-maks.-100-vt-18mm/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=21305369997&gclid=CjwKCAjwgb\\_CBhBMEiwA0p3oONwaMzyIQVAf57yA\\_kNLe2JzmEYiisr0NevCMivm\\_w1GAcpDerRGixoC8MQQAvD\\_BwE](https://led-lenta.com.ua/ru/datchyk-rukhu-vriznyi-05-1-bilyi-360-maks.-100-vt-18mm/?gad_source=1&gad_campaignid=21305369997&gclid=CjwKCAjwgb_CBhBMEiwA0p3oONwaMzyIQVAf57yA_kNLe2JzmEYiisr0NevCMivm_w1GAcpDerRGixoC8MQQAvD_BwE) (дата звернення 18.05.2025).

38. Датчик вологості та температури DHT22 URL: <https://arduino.ua/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22?srsId=AfmBOop2zgxgSQdfXWKVeI1GbMqtBg8XXLuvKGJ5uRuWi2LXDzITD5G9> (дата звернення 24.05.2025).

39. 1-канальний модуль реле (5В 30А) з опторозв'язкою FC-65 URL: [https://myproject.com.ua/1-kanalny-modul-rele-5v-30a-z-optorazv'язkoju-fc-65.html?gclid=CjwKCAjwgb\\_CBhBMEiwA0p3oOPyFhlje-kI9O6-jAxlmt-](https://myproject.com.ua/1-kanalny-modul-rele-5v-30a-z-optorazv'язkoju-fc-65.html?gclid=CjwKCAjwgb_CBhBMEiwA0p3oOPyFhlje-kI9O6-jAxlmt-)

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[vmTuwuGgZ2f76Jz9waaNBVxofwtpkvFxoCH4AQAvD\\_BwE&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=Fiksovana\\_Stavka](https://www.google.com/search?q=vmTuwuGgZ2f76Jz9waaNBVxofwtpkvFxoCH4AQAvD_BwE&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Fiksovana_Stavka) (дата звернення 24.05.2025).

ESP32 ESP-32 WIFI Bluetooth Development Board Dual Core CPU CP2102  
Ultra-Low Power ESP32S Micro USB for Arduino URL: <https://surli.cc/frlowf> (дата  
звернення 04.05.2025).

					КВРКІ 210365.21.03.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## Додаток А

(обов'язковий)

### ПРИКЛАД КОДУ(СКОРОЧЕНИЙ)

Алгоритм роботи прошивки:

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 4
#define RELAY_PIN 5

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
float setTemp = 22.0;
void setup() {
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    sensors.begin();
    // Підключення до Wi-Fi тут...
}
void loop() {
    sensors.requestTemperatures();
    float temp = sensors.getTempCByIndex(0);
    if (temp < setTemp) {
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Вмикаємо опалення
    } else {
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Вимикаємо опалення
    }
    delay(10000); // Затримка 10 сек
}
```

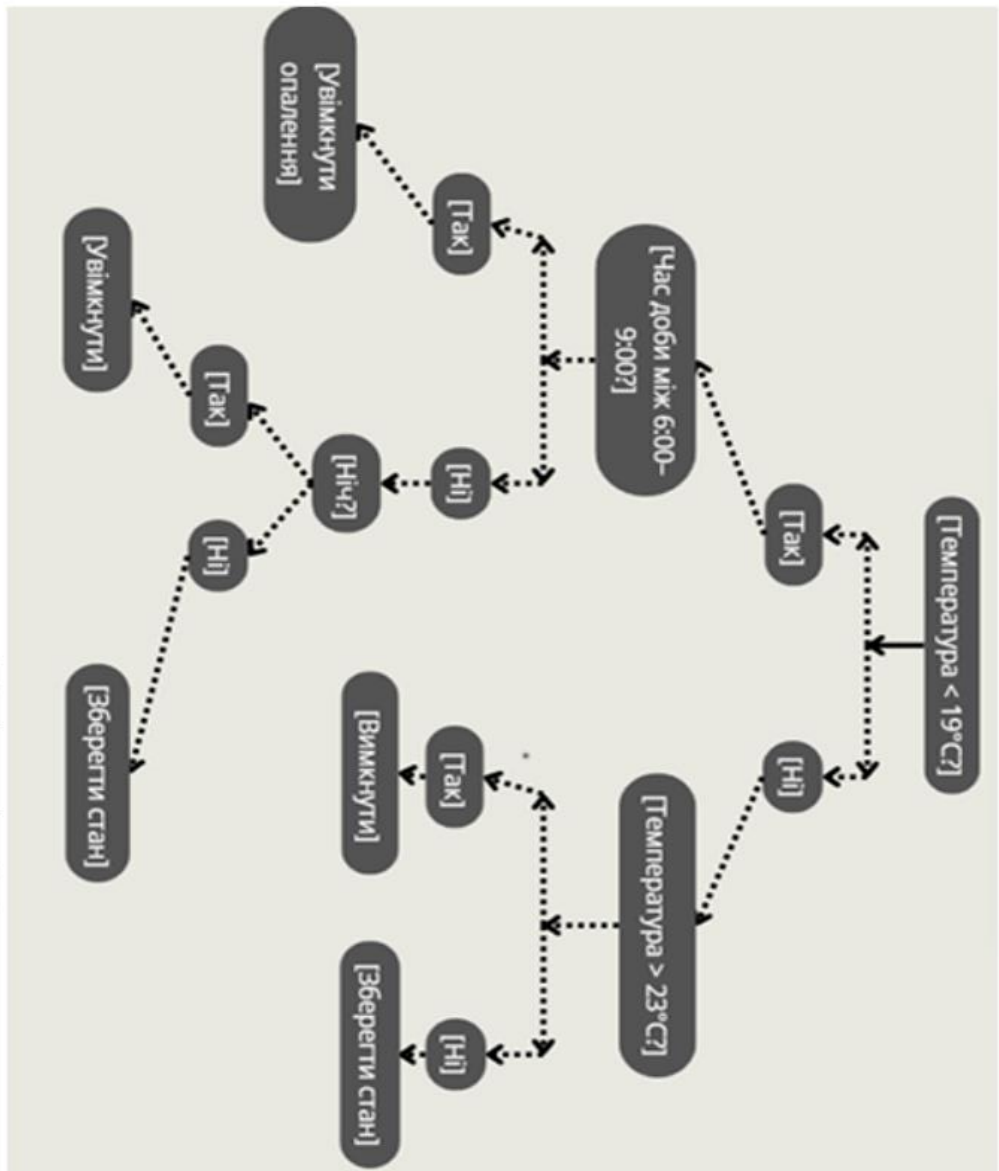
Приклад фрагмента логіки в коді:

```
if temperature < 19 and 6 <= hour <= 8:
    turn_on_heating()
elif temperature > 22 and not motion_detected:
    turn_off_heating()
elif vacation_mode:
    set_target_temperature(16)
```

**Додаток Б**  
(обов'язковий)

**БЛОК-СХЕМА ДЕРЕВА РІШЕНЬ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА**

КвРКІ 210365.21.03.19



№	КвРКІ	Назва	Після	Дата
1	210365.21.03.19	Е8		
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

КвРКІ 210365.21.03.19 Е8

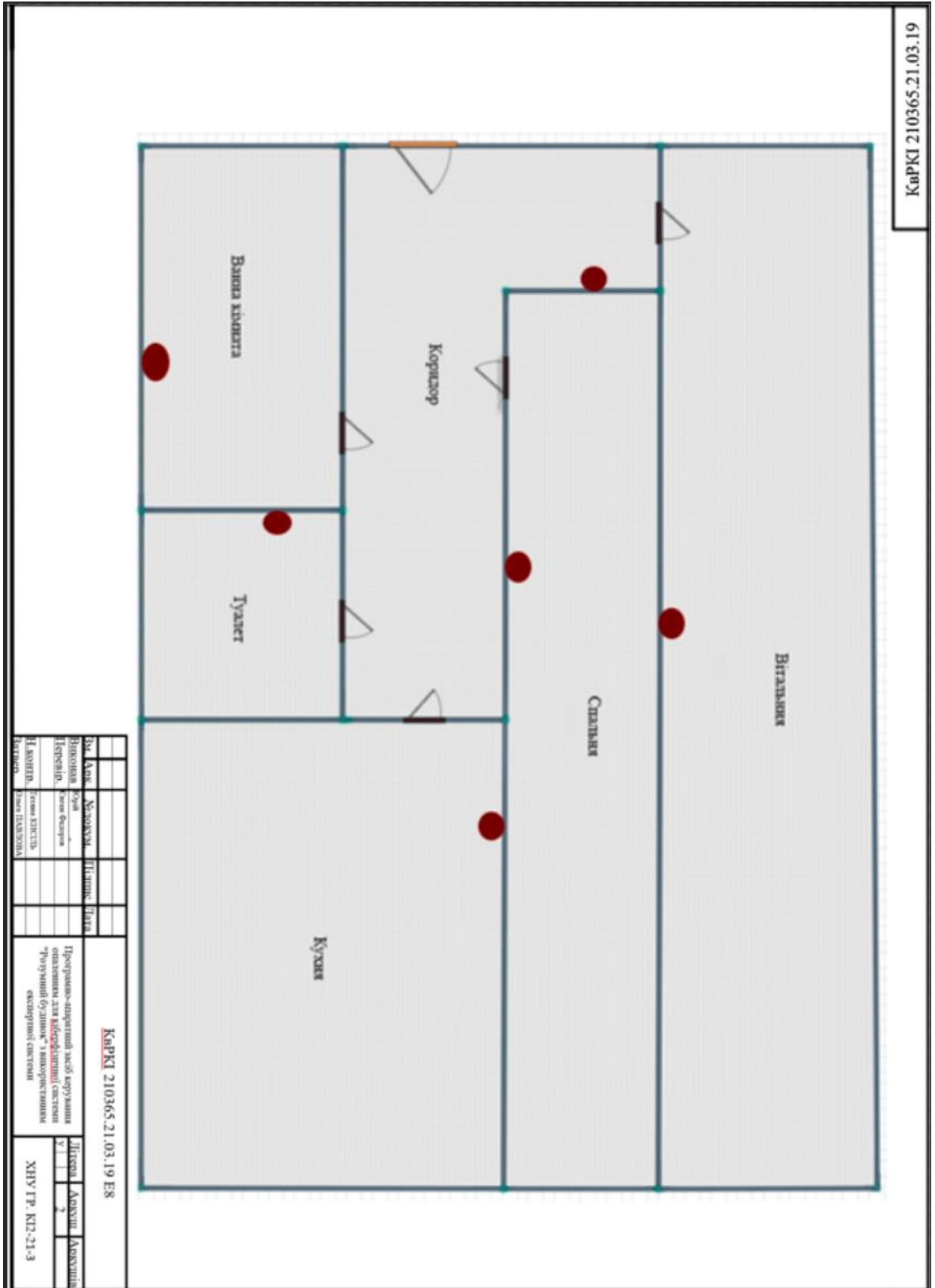
Програно-автентичний набір версій  
описань для кабельної системи  
"Регіональний центр" та інструментів  
експлуатації системи

Ліцензія: Ауксум, Ауксум  
v. 1.1.2  
2  
ХНУ ГП. КІЗ-21-3

# Додаток В

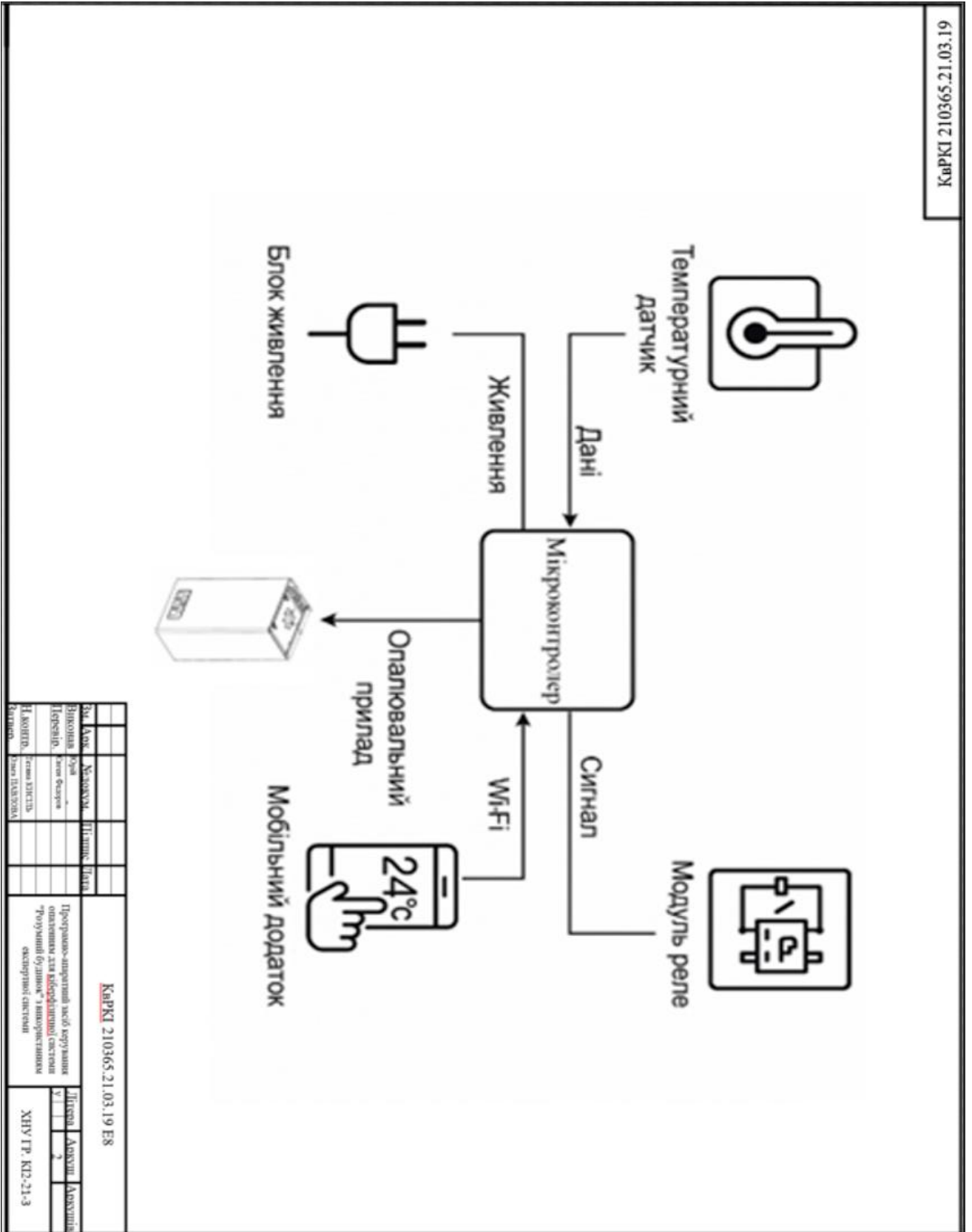
(обов'язковий)

## СХЕМА ДВОКІМНАТНОЇ КВАРТИРИ



Додаток Г  
(обов'язковий)

БЛОК-СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ



КвРКІ 210365.21.03.19

## Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Errors in the documents: 12%

ID: 246652 Title: БКР Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи Added in a DB: 2025-06-18 Authors: Юрій ЛОЄВСЬКІЙ Heads: Євген Федоров Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	40275	398	528 (1%)	7 (2%)

### Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

## 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: Юрій ЛОЄВСЬКИЙ

Співавтор:

Назва: Лоєвськийправка\_Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1:13.6%

Коефіцієнт подібності 2:10.3%

Мікропробіли: 79

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-18 08:51:29.0

Після аналізу Звіту подібності констатую 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 спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття 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:

2025-06-18

Дата

Доцент Андрій Нічепорук

експерт

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

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

Назва: Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи

Автор: Юрій ЛОЄВСЬКИЙ

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Євген ФЕДОРОВ, д.т.н, професор

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, виправданий 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, виправданий 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 укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноновживаними фразами або виразами;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 13.6% та системою Anti-Plagiarism складає 10.3%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС


Євген ФЕДОРОВ

Андрій НІЧЕПОРУК

Ольга ПАВЛОВА

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

Юрія ЛОЄВСЬКОГО

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-3

### 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.

17.06. 2025 року



## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Лосєвський Юрій Іванович

Тема: Програмно-апаратний засіб керування опаленням для кіберфізичної системи "Розумний будинок" з використанням експертної системи

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 59

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є аналіз автоматизації систем керування мікроклімату, та створення програмно-апаратного засобу гнучкого керування опаленням на основі експертної системи
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз предметної області, що охоплює сучасні принципи функціонування систем автоматизованого керування опаленням у межах кіберфізичних систем "розумного будинку". Розглянуто архітектуру терморегуляторів, проаналізовано типові апаратні та програмні рішення, а також оцінено функціональні можливості пристроїв на прикладі моделі Navin WT100 B-3A. Визначено основні обмеження існуючих засобів, сформульовано мету та завдання дослідження, що зумовлює актуальність використання експертних систем у побутовій автоматизації.

У другому розділі роботи виконано проєктування програмно-апаратного засобу керування опаленням на основі мікроконтролера ESP32. Проведено вибір основних апаратних компонентів, таких як температурні сенсори, реле, модулі зв'язку та інтерфейси керування. Розроблено структурну схему системи, складено таблицю підключення компонентів, описано електричні з'єднання. Використано сучасні практики з мікроелектроніки, зокрема енергоефективні модулі з підтримкою Wi-Fi.

Запропоновано концепцію інтеграції з платформою TuYa Smart та можливість подальшого масштабування.

У третьому розділі реалізовано логіку функціонування системи, розроблено програмне забезпечення мікроконтролера, яке забезпечує зчитування даних, керування опаленням та взаємодію з інтерфейсом користувача. Особливу увагу приділено розробці експертної системи: сформовано набір правил у форматі "якщо – то", створено механізм логічного виведення рішень, побудовано приклад дерева рішень. Проведено моделювання роботи системи, підготовлено інтерфейс взаємодії користувача з пристроєм, розглянуто приклади сценаріїв роботи.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: робота орієнтована на побутове використання і не враховує зовнішні фактори, такі як погодні умови чи змінні енергетичні тарифи. Також логіка експертної системи базується на фіксованих правилах, що потребує ручного оновлення у разі зміни сценаріїв.

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

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно

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

*Василь Руденко Олександрович, доц. кафедри КН*

" 2 " 06 2025 р.

 (підпис)