

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ  
Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій  
Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій

**ДИПЛОМНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

на тему

**Система енергоефективної автоматизації «розумного будинку»**

Виконав: студент групи БАск-21  
Спеціальності 151 Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології,  
Освітньої програми Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології  
Дмитро Савельєв  
Керівник: Владислава СКІДАН  
Рецензент: Ігор ПАНАСЮК

Київ 2023

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ДИЗАЙНУ**

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій


Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУН

Завідувач кафедри ІК'

Владислава СКІДАІ

  
« 15 » червень 2023 р

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Савельєву Дмитру Григоровичу

1. Тема дипломної бакалаврської роботи Система енергоефективної автоматизації «розумного будинку»

Науковий керівник роботи Скідан Владислава Валентинівна к.т.н., доцент затверджені наказом КНУТД від 08.11.2022 № 224-уч.







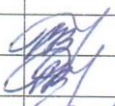



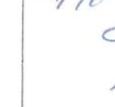

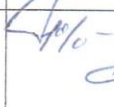
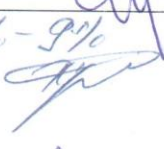

2. Строк подання студентом дипломної роботи 09.06.2023

3. Вихідні дані до дипломної бакалаврської роботи технологічні процеси роботи системи, алгоритми роботи, публікації та статті з даної тематики, нормативна та довідникова література.


4. Зміст дипломної бакалаврської роботи (перелік питань, які потрібно розробити Вступ; РОЗДІЛ 1 Аналіз існуючих варіантів та вибір головних характеристик систем енергоефективної автоматизації розумного будинку; РОЗДІЛ 2. Алгоритм роботи автоматизованої системи енергоефективної автоматизації розумного будинку РОЗДІЛ 3. Розробка системи енергоефективної автоматизації розумного будинку.

5. Дата видачі завдання: 05.03. 2023р

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	24.03.2023	
2	Розділ 1. Аналіз існуючих варіантів та вибір головних характеристик системи енергоефективної автоматизації розумного будинку	07.04.2023	 
3	Розділ 2. Алгоритм роботи автоматизованої системи енергоефективної автоматизації розумного будинку	18.04.2023	 
4	Розділ 3. Розробка системи енергоефективної автоматизації розумного будинку	28.04.2023	 
5	Загальні висновки	08.05.2023	 
6	Оформлення дипломної роботи	16.05.2023	 
7	Здача дипломної роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	22.05.2023	 
8	Перевірка дипломної бакалаврської роботи на наявність текстових співпадінь та помилок (за 10 днів до захисту)	10.06.2023 15.06.2023	 
9	Подання дипломної роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	14.06.2023	

Студент

Дмитро СавельєвНауковий керівник  
роботиВладислава СКІДАН

Рецензент

Ігор ПАНАСЮК

## АНОТАЦІЯ

**Савельєв Д.Г. Система енергоефективної автоматизації «розумного будинку» – Рукопис.**

Дипломна бакалаврська робота за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньою програмою « Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2023 рік.

Система енергоефективної автоматизації «розумного будинку» є важливим напрямом розвитку сучасних технологій будівництва, орієнтованим на оптимізацію споживання енергії та забезпечення комфорту і безпеки для мешканців. Використання системи автоматизації на основі компонентів "Connect Home" та контролера ESP32 для управління системою опалення підтверджує цю актуальність.

Розробка автоматизованої системи енергоефективного розумного будинку на базі контролера ESP32 є перспективним напрямком в галузі домашньої автоматизації. ESP32 є потужним мікроконтролером, який поєднує в собі функціональні можливості мікроконтролера та модуля Wi-Fi, що дозволяє забезпечити зв'язок з іншими пристроями у розумному будинку.

Застосування такої системи дозволяє знизити споживання електроенергії, використовуючи розумне управління опаленням та іншими пристроями в будинку. Це сприяє енергоефективності і збереженню ресурсів. Розумний будинок на базі ESP32 може забезпечувати автоматичне управління освітленням, температурою, безпекою та іншими системами. Користувачі можуть зручно керувати всіма пристроями через мобільний додаток Телеграм або веб-інтерфейс, що забезпечує комфорт і зручність.

Загалом, розробка автоматизованої системи енергоефективного розумного будинку на базі контролера ESP32 має багато переваг, таких як енергоефективність, комфорт і зручність, гнучкість і розширюваність, а також вартість.

*Ключові слова: автоматизована система, енергоефективність, «розумний будинок», контролер ESP32.*

## THE SUMMARY

**Saveliev, D.G. Energy-Efficient Automation System for a "Smart Home" – Manuscript.** In this qualification work the specialty of Automation and Computer-Integrated Technologies, educational program "Automation and Computer-Integrated Technologies," Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, 2023.

The energy-efficient automation system for a "smart home" is an important direction in the development of modern construction technologies, aimed at optimizing energy consumption and ensuring comfort and safety for residents. The use of automation system based on "Connect Home" components and ESP32 controller for heating system management confirms its relevance.

The development of an automated energy-efficient smart home system based on the ESP32 controller is a promising direction in the field of home automation. The ESP32 is a powerful microcontroller that combines the functionalities of a microcontroller and a Wi-Fi module, enabling communication with other devices in the smart home.

The application of such a system allows for reducing electricity consumption by implementing smart control of heating and other devices in the house. This contributes to energy efficiency and resource conservation. A smart home based on the ESP32 can provide automatic control of lighting, temperature, security, and other systems. Users can conveniently manage all devices through a mobile application like Telegram or a web interface, ensuring comfort and convenience.

In summary, the development of an automated energy-efficient smart home system based on the ESP32 controller offers several advantages, including energy efficiency, comfort and convenience, flexibility and scalability, and cost-effectiveness.

*Keywords: automated system, energy efficiency, smart home, ESP32 controller.*



## ЗМІСТ

Вступ.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВАРІАНТІВ ТА ВИБІР ГОЛОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	11
1.1 Поняття та основні принципи САК «Розумний будинок» .....	11
1.2 Аналіз існуючих систем САК «Розумний будинок» .....	13
1.3 Інтеграція системи енергоефективної автоматизації розумного будинку під час будівництва .....	14
1.4 Функціональні вузли технологічного об'єкту .....	17
Висновки до розділу 1 .....	44
РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	21
2.1 Розробка функціональної схеми .....	21
2.2 Розробка алгоритмів та сценаріїв системи розумного освітлення .....	23
2.2.1 Ввімкнення і вимикання світла по датчику руху .....	23
2.2.2 Ввімкнення та вимикання світла за часом, датою, днем тижня .....	24
2.2.3 Власні режими роботи .....	24
2.2.4 Керування яскравістю освітленням за допомогою датчика освітленості .....	24
2.3 Реалізація системи освітлення на компонентах «ConnectHome» .....	27
2.4 Розробка алгоритмів та сценаріїв системи розумного опалення .....	31
2.4.1 Сценарій ранкового прогріву приміщень .....	32
2.4.2 Сценарій відсутності мешканців та сценарій «повернення додому» .....	32
2.4.3 Індивідуальні налаштування системи опалення .....	33
2.4.4 Реалізація системи розумного опалення на компонентах «ConnectHome» з застосуванням термостату Tervix Pro .....	33
2.4.4. Система анти протічок .....	37
2.5 Принцип налаштування системи Connect Home та підключення до неї Z-Wave пристроїв .....	40

Висновки до розділу 2 .....	44
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	45
3.1 Аналіз наявної системи опалення та розробка стратегії автоматизації .....	45
3.2 Вибір контролера, датчиків та виконавчих пристроїв .....	52
3.2.1 Вибір контролера .....	52
3.2.2 Вибір датчика температури .....	53
3.2.3 Вибір реле .....	53
3.2.4 Вибір екрану .....	55
3.3 Створення схеми та розробка макета пристрою.....	56
3.4 Середовище для програмування Visual Studio Code та розробка програмного забезпечення .....	58
3.4.1 Створення телеграм-бота .....	59
3.4.2 Програмне забезпечення для ESP32 .....	60
Висновки до розділу 3 .....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	68
ДОДАТКИ.....	72

## Вступ

**Актуальність теми бакалаврської дипломної роботи.** Системи енергоефективної автоматизації розумного будинку за останні десятиліття досягли значного прогресу в сфері інформаційних технологій, який призвів до розвитку концепції "розумного будинку". Розумний будинок втілює ідею створення інтелектуальної, автоматизованої та енергоефективної системи. Завдяки розумним технологіям, таким як датчики, мережі зв'язку, системи керування та аналіз даних, розумний будинок може забезпечити максимальну ефективність та економію ресурсів, комфорт та безпеку для мешканців.

Енергоефективність стає все більшим питанням у суспільстві, оскільки люди шукають способи зменшення витрат енергії та зниження негативного впливу на довкілля. Системи енергоефективної автоматизації розумного будинку дозволяють оптимізувати використання енергії, контролювати освітлення, опалення, опалення та інші пристрої, що допомагають зменшити витрати на ресурси, такі як електроенергія, вода і газ і забезпечують ефективність.

Безпека та комфорт. Системи енергоефективної автоматизації розумного будинку також сприяють підвищенню рівня безпеки. Вони можуть включати системи моніторингу, які сповіщають власників про потенційні небезпеки, такі як протічка, пожежа, тощо. А контроль над системами освітлення, опалення та отримання оповіщень за допомогою смартфонів, комп'ютерів і голосових помічників роблять процес керування дуже простим і комфортним.

Узагальнюючи, системи енергоефективної автоматизації розумного будинку залишаються актуальними, оскільки вони сприяють зниженню споживання енергії, забезпечують зручність та комфорт власників, підвищують рівень безпеки і дозволяють раціонально використовувати ресурси. Ці переваги



стають особливо важливими в контексті зростаючої свідомості про енергоефективність та збереження навколишнього середовища.

**Метою даної роботи** є розробка і впровадження інноваційних рішень, спрямованих на оптимізацію споживання енергії та забезпечення ефективного управління різними системами будинку.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні основні завдання дипломної роботи:

1. Аналіз існуючих варіантів та вибір головних характеристик системи енергоефективної автоматизації «розумного будинку»
2. Розроблення алгоритму роботи системи енергоефективної автоматизації «розумного будинку».
3. Розробити систему енергоефективної автоматизації «розумного будинку»

**Об'єкт дослідження** – замський будинок приватного типу, в який інтегрується система ефективного управління.

**Предмет дослідження** – система енергоефективної автоматизації «розумного будинку»

**Методи дослідження.** Методи оптимізації систем опалення, освітлення за допомогою комп'ютерно-інтегрованої системи економії енергоресурсів.

**Інформаційна база.** При написанні дипломної бакалаврської роботи використані наукові публікації з фондів бібліотеки КНУТД, технічна документація, ресурси глобальної мережі Інтернет.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Було запропоновано новий підхід що до розробки сценаріїв штучного керування системами будинку. Розробка і вдосконалення алгоритмів та стратегій управління, які дозволяють забезпечити оптимальне використання енергії в розумному будинку.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в використанні розробленої системи автоматизації процесу регулювання рівня освітлення, керування системою опалення, що суттєво зменшує витрати енергоресурсів. Також автоматизована система керування підвищує комфорт мешканців.

**Структура і обсяг роботи:** робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел (11 найменування). Загальний обсяг бакалаврської роботи 84 сторінки комп'ютерного тексту.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВАРІАНТІВ ТА ВИБІР ГОЛОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ**

### **1.1 Поняття та основні принципи СА «Розумний будинок»**

Історія «Розумного будинку» [1] почалася ще в середині двадцятого століття. Вже тоді люди задумувались над тим, як зробити своє життя комфортнішим. Основним питанням того часу була можливість передачі декількох сигналів по одному кабелю. Однак проектування системи в той час займало дуже багато часу і прогрес сильно випереджав її реалізацію. До початку 70-х з'явився термін «Розумний будинок» (від англійського «Smart house»). І вже в 1978 році була запущена початкова ідея управління різними системами і датчиками через електропроводку будинку.

В Україні американська ідея з'явилася в 90-х роках ця ідея стала просуватися на ринку. З'явилися відео та аудіо системи, розвивалися комп'ютерні технології, телекомунікації, інформаційно-керуючі системи, які користувалися попитом. З кожним роком оснащення будинків ускладнювалося, зростала кількість пристроїв, які формують комфортний простір побуту, автоматизації почали доручати все більше завдань.

Система розумного будинку, також відома як "розумний дім" або "інтелектуальний будинок", є сучасною технологічною інновацією, яка поєднує в собі різні пристрої та системи, щоб забезпечити автоматизацію та контроль різних аспектів життя в будинку[2-3].

Основна ідея системи розумного будинку полягає в тому, щоб створити мережу підключених пристроїв, які можуть взаємодіяти між собою та з користувачем для забезпечення зручності, комфорту, безпеки та енергоефективності в будинку. Такі системи можуть включати в себе освітлення,

опалення, кондиціонування повітря, системи безпеки, розетки, аудіо- та відео системи, побутові пристрої та інші електронні пристрої.

Завдяки системі розумного будинку користувач може контролювати різні функції будинку за допомогою центральної системи управління, яка може бути смартфоном, планшетом або спеціальним пультом дистанційного керування. Користувач може віддалено управляти освітленням, регулювати температуру, відкривати та закривати двері, контролювати системи безпеки, аудіо- та відео обладнання, а також інші функції зручним та ефективним способом.

Система розумного будинку може також мати функцію автоматизації, яка дозволяє налаштувати різні сценарії та режими роботи. Наприклад, розумний будинок може автоматично вимикати світло та опалення, коли немає людей вдома, або вмикати систему безпеки, коли виявляється незвичайна активність.

Безпека є ще однією важливою перевагою систем розумного будинку. Вони можуть включати системи відеоспостереження, датчики руху, датчики витoku газу або вуглекислого газу, системи пожежної сигналізації та інші пристрої, що сприяють забезпеченню безпеки мешканців. Користувач може отримувати сповіщення на мобільний пристрій у разі виявлення небезпеки або незвичайної активності, що дозволяє швидко реагувати та запобігати негативним ситуаціям.

Також варто зазначити, що системи розумного будинку можуть бути інтегровані з іншими смарт-технологіями та платформами, такими як голосові помічники (наприклад, Amazon Alexa, Google Assistant) або інтернет речей (IoT), що дозволяє ще більше розширити можливості та зручність використання.

Загалом, система розумного будинку створює інтелектуальне середовище, в якому різні пристрої та системи співпрацюють для забезпечення комфорту, безпеки та енергоефективності. Вона дозволяє користувачам контролювати та налаштовувати різні аспекти життя в будинку зручним та ефективним способом,

покращуючи якість життя та забезпечуючи більш економічне використання ресурсів.

## 1.2 Аналіз існуючих систем «Розумний будинок»

Аналіз існуючих систем розумного будинку та їх історія свідчать про поступовий розвиток цієї технології [4] та її все більшу популярність серед споживачів. Ось загальний огляд історії та основних систем розумного будинку:

- Початки: Перші системи розумного будинку з'явилися у 1970-х роках. Вони передбачали використання дротової телефонної лінії для керування освітленням та опаленням в будинку. Вперше завдання щодо створення розумного будинку була вирішено в 1978 році компаніями X10 USA і Leviton, які розробили технологію для управління побутовими приладами по проводах побутової електромережі. Але технологія ця була розрахована на напругу 110В і частоту мережі 60 Гц, тому не набула поширення в Україні.

- Розвиток в 1990-х: У цей період з'явилися системи, які використовували провідне керування, включаючи розетки, термостати та системи безпеки . Вони дозволяли користувачам контролювати ці функції зі спеціальних пультів або панелей управління:

LCN – німецька система автоматизації як для домашньої так і для промислової автоматизації. Повністю розподілений інтелект. Як середовище передачі використовується звичайний електричний провід перетином 1,5 мм . Реалізується управління практично будь-яким обладнанням. Оптимальне співвідношення ціна – якість –можливості .

LanDrive – найбільш доступна на сьогоднішній день платформа для побудови розподілених систем управління внутрішнім і вуличним освітленням, силовими навантаженнями, електроприладами, а також такими системами, як

опалення, кондиціонування, вентиляція, охоронна сигналізація, контроль доступу і протікання води.

- Поширення бездротового зв'язку: У 2000-х роках з'явилися бездротові системи розумного будинку, які використовували стандарти зв'язку, такі як Wi-Fi, Zigbee або Z-Wave. Це дозволило споживачам більшу гнучкість і зручність у керуванні своїм будинком через мобільні пристрої. Серед таких систем можна виділити наступні :

LUXOR – система локального управління освітленням і кліматом. Використовується звичайний електричний кабель і вимикачі. Система виробляється компанією «Theben AG» . Протокол закритий. Основні мотиви вибору даної системи - низька вартість устаткування, простота монтажу і пуско-налагодження. Система сумісна з будь-якими типами електроустаткування.

AMX – система домашньої автоматизації однойменної компанії. Централізована. Протоколи закриті. Спочатку застосовувалися власні шини передачі даних. Нові лінійки обладнання AMX використовують для передачі стандартні протоколи Ethernet, Wi-Fi, Zigbee. Має шлюзи для сполучення з іншими системами.

Загалом, історія систем розумного будинку свідчить про їх поступовий розвиток від простих дротових систем до інтегрованих підключених пристроїв, що працюють на основі Інтернету речей. Ці системи надають споживачам більше зручності, ефективності та безпеки в повсякденному житті. За допомогою систем розумного будинку, люди можуть створити комфортне та енергоефективне середовище, пристосоване до їх потреб і пререференцій.

### **1.3 Інтеграція системи енергоефективної автоматизації розумного будинку під час будівництва**

Перш за все, інтеграція системи розумного будинку [5] під час будівництва дозволяє забезпечити оптимальне розташування всіх необхідних елементів



інфраструктури. Кабелі, дроти, сенсори, пристрої управління і інші компоненти, які можуть бути встановлені заздалегідь, перед тим як будинок буде завершено. Це дозволяє забезпечити чистоту і організованість у будівельному процесі, а також уникнути потреби в будь-яких додаткових ремонтних роботах після завершення будівництва.

По-друге, встановлення системи розумного будинку [6-7] під час будівництва дозволяє інтегрувати різні компоненти системи на ранніх стадіях проектування будинку. Це сприяє більш ефективному розподілу простору, оптимізації функціональності та забезпеченню зручного використання всіх систем в майбутньому. Наприклад, можна передбачити місця для розташування сенсорів вимірювання температури, освітлення та звуку відповідно до потреб кожної кімнати [8-9]. Також можна розмістити пристрої управління, такі як панелі керування, на зручних місцях для легкого доступу та використання.



Рис. 1.3.1 – Взаємодія користувача і СА «Розумний будинок»

Інтеграція системи розумного будинку під час будівництва також дозволяє забезпечити високий рівень безпеки та захисту. Системи безпеки, такі як камери

відеоспостереження, датчики проникнення та пожежі, можуть бути встановлені і підключені до центральної системи безпеки з самого початку. Це дозволяє забезпечити постійний моніторинг будинку та його навколишньої території з першого дня проживання. Крім того, інтеграція з системами розумного будинку дозволяє використовувати різні автоматизовані функції для підвищення безпеки, наприклад, автоматичне відкривання та закривання дверей, а також віддалене керування системою безпеки через мобільний додаток, або іншими віддаленими способами. Всі компоненти системи розумного будинку, включаючи освітлення, опалення, системи безпеки, аудіо-відео розваги та інші, можуть бути інтегровані в єдину платформу управління. Це дозволяє зручно керувати всіма аспектами будинку з одного місця - пульта керування, мобільного додатку або голосових помічників. Забезпечуючи зручну інтерфейс для взаємодії з системою, мешканці можуть насолоджуватися зручністю та комфортом, контролюючи всі аспекти свого будинку за допомогою кількох натискань кнопок.

Інтеграція системи розумного будинку під час будівництва також забезпечує масштабованість та готовність до майбутніх розширень. Під час проектування будинку можна передбачити додаткові проводки та порти, що дозволять легко підключити нові пристрої та розширити функціонал системи розумного будинку у майбутньому. Це дає можливість власникам будинку легко впроваджувати нові технології та оновлення без значних затрат на розривання стін або додаткові будівельні роботи.

У підсумку, інтеграція системи розумного будинку під час будівництва відкриває безліч можливостей для створення сучасного, ефективного та комфортного житлового простору. Вона дозволяє оптимізувати розташування, функціональність та безпеку систем, підвищує енергоефективність будинку, забезпечує масштабованість та готовність до майбутніх розширень, а також створює зручне і ергономічне середовище для мешканців. Інтеграція системи

розумного будинку під час будівництва - це інвестиція у майбутнє, яка покращує якість життя і створює ідеальне житлове простір для сучасного способу життя.

#### 1.4 Функціональні вузли технологічного об'єкту

Об'єктом автоматизації є заміський приватний будинок з наступними параметрами :

- Трьох-фазне підключення до електромережі ;
- опалення будівлі за допомогою власного котла;
- центральне водопостачання ;
- швидкісний оптичний інтернет ;
- загальна площа приміщення 137 м<sup>2</sup> .

В дипломній роботі будуть розглянуті такі інженерні системи як: система керування освітленням, система керування опаленням.

Вузол керування освітленням повинен :

- керувати роботою освітлювальних приладів в будинку та зовні;
- вмикати і вимикати освітлювальні пристрої за допомогою датчиків або команд від користувача;
- за можливості керувати потужністю освітлювальних приладів.

Основні функції автоматизованих систем управління освітленням:

Облік присутності людей в приміщенні. При обладнанні системи управління освітленням датчиком присутності можна ввімкнути або вимкнути світильники в залежності від того, чи є люди в даному приміщенні. Ця функція дозволяє витратити енергію найбільш оптимально, однак її застосування виправдано далеко не у всіх приміщеннях.

Дистанційне або бездротове керування освітлювальною установкою. Хоча така функція не є автоматизованою, вона часто присутня в автоматизованих системах управління освітленням завдяки тому, що її реалізація на базі

електроніки системи управління освітленням дуже проста, а сама функція додає значну зручність в управлінні освітлювальної установкою.

Точна підтримка штучної освітленості в приміщенні на заданому рівні. Досягається це введенням в систему управління освітленням фотоелемента, що знаходиться всередині приміщення і контролюючого органу освітлювальної установки. Вже тільки одна ця функція дозволяє економити енергію за рахунок відсічення так званого "надлишку освітленості". Використання такої системи контролю освітлення допомагає зберегти до 9-13% витрат на електроенергію в рік.

Вузол керування температурою та опалювальною установкою повинен :

- вимірювати і передавати показники температури в приміщеннях;
- виконувати регулювання температури;
- дистанційно керувати бездротовими радіаторними термостатами;
- слідкувати за параметрами теплоносія;
- видалено змінювати режими роботи за допомогою команд від користувача.

Якщо розглядати систему центрального опалення, то виникає питання управління температурою в приміщенні. Для вирішення цього питання на ринку є підсистема терморегуляції, до складу якої входить термостат, координатор, який підтримує технологію ZigBee, датчики температури, а також сервопривід з приймачем, так звана термоголовка, яка по команді перекриває або, навпаки відкриває, кран радіатора опалення тим самим змінюючи температуру в приміщенні.

Радіатор – важлива ланка будь-якої системи опалення. Саме цей прилад забезпечує комфортні умови проживання, тому важливо зробити правильний вибір. Для цього необхідно ознайомитися з характеристиками радіаторів опалення, дізнатися про їх теплової потужності і робочому тиску. Звичайно,

важливим критерієм при виборі радіатора опалення для будинку є його зовнішній вигляд і вартість. Для регулювання температури в даній системі було обрано використовувати бездротові радіаторні термостати, які підтримують протокол бездротового зв'язку Z-Wave мають високу надійність, та довго працюють від одного заряду акумуляторів.

Для керування власною опалювальною установкою, та системою тепло-акумуляції теплоносія, було вирішено розробити власну систему на основі контролерів ESP-32, Arduino, та мікрокомп'ютері Orange pi One. Керування опалювальною установкою повинно автоматично за допомогою датчиків або за командами користувача керувати котлом та триходовим клапаном.

### **Висновки до розділу 1**

1. Проаналізована історія системи «розумного будинку», а саме: з чого почався розвиток, з якими проблемами зіткнулись під час розвитку, і які технології були розвинуті.

2. Інтеграція системи розумного будинку під час будівництва відкриває безліч можливостей для створення сучасного, ефективного та комфортного житлового простору. Вона дозволяє оптимізувати розташування, функціональність та безпеку систем, підвищує енергоефективність будинку, забезпечує масштабованість та готовність до майбутніх розширень, а також створює зручне і ергономічне середовище для мешканців. Інтеграція системи розумного будинку під час будівництва – це інвестиція у майбутнє, яка покращує якість життя і створює ідеальний житловий простір для сучасного способу життя.

3. Об'єктом автоматизації є заміський приватний будинок з наступними параметрами :

- трьох-фазне підключення до електромережі ;
- опалення будівлі за допомогою власного котла;
- центральне водопостачання ;

- швидкісний оптичний інтернет ;
- загальна площа приміщення 137 м<sup>2</sup> .

Для регулювання температури в даній системі було обрано використовувати бездротові радіаторні термостати, які підтримують протокол бездротового зв'язку Z-Wave мають високу надійність, та довго працюють від одного заряду акумуляторів.



## РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 2.1 Розробка функціональної схеми

Розробка функціональної схеми автоматизації розумного будинку є важливим етапом у процесі створення інтегрованої системи, яка керує різними аспектами будинку [10]. Основною метою цієї схеми є визначення функцій, що будуть автоматизовані, алгоритмів та зв'язків між ними.

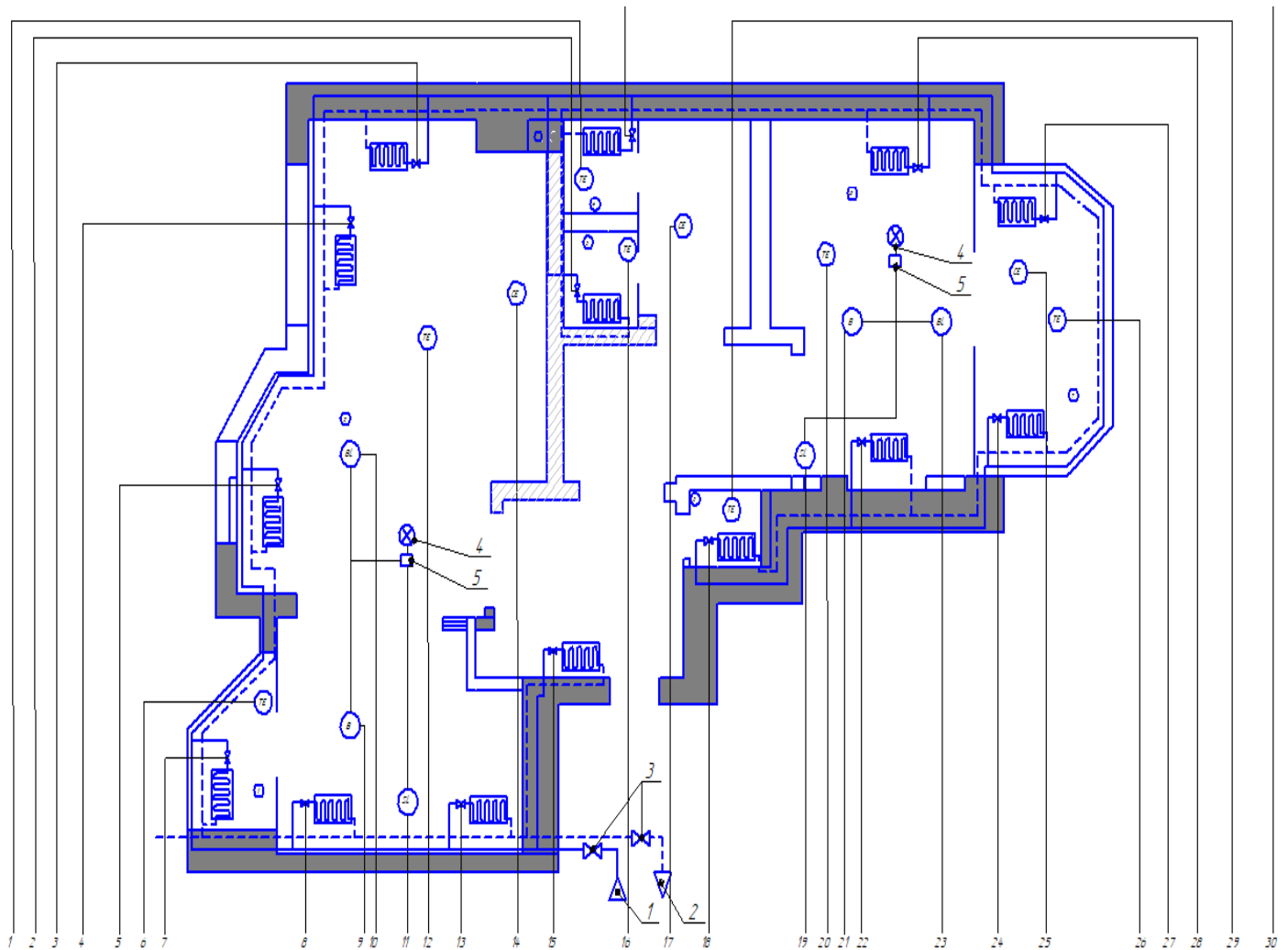


Рис. 2.1. – Функціональна схема системи енергоефективної автоматизації розумного будинку

Перед початком розробки функціональної схеми було ретельно проаналізовано простір приміщення, обрані системи які необхідно автоматизувати, визначено місця для розташування датчиків.

Після детального вивчення планування будівлі розроблено функціональну схему, на якій позначено основні елементи систем автоматизації: датчики температури, датчики руху, датчики освітленості, датчики протічок води, радіо-вимикачі, трубопровід системи опалення, радіатори та інше. Для створення функціональної схеми була використана програма «КОМПАС-3D V16.1».

На функціональній схемі позначені розташування модулів та засобів систем автоматизації, також позначені вже наявні технічні прилади. (TE) – визначені місця розташувань датчиків температури в приміщенні. (SE) – місця розташування датчиків протічок води, подібні датчики встановлюються в регламентованих місцях, а саме в ванних кімнатах, технічних кімнатах та поблизу радіаторів та труб опалення. Датчик руху (B) та датчик рівня освітлення приміщення (BL) – розташовані в більшості кімнат, вони відповідають за керування освітленням на основі сценаріїв або за командами від користувача. Користувач може подавати такі команди системі за допомогою мобільного приладу або бездротового радіо-вимикача (SL), подібний вимикач має чотири програмовані клавіші, які можна налаштувати на виконання будь-яких команд.

Керує приладами освітлення 4 бездротовий диммер 5 який отримує команди від вище згаданих датчиків, чи за допомогою команд або сценаріїв.

Регулювання температури в кімнатах виконує бездротовий радіаторний термостат (поз. 8,13,15,30 та інші). В будинок поступає теплоносій вже потрібної температури за допомогою трубопроводів 1 та 2. Бездротовий радіаторний термостат отримує данні за датчика температури (TE), аналізує отримані показники та робить регулювання згідно з заданої температури користувачем в кімнаті. Температура в кімнатах так як і освітлення може регулюватись як за

допомогою прямих команд від користувача так і за заздалегідь описаними сценаріями. Процес регулювання дуже простий, термостат в залежності від потрібної температури зменшує потік гарячого теплоносія через радіатор, або збільшує, в результаті чого змінюється тепловіддача радіатора.

Система анти-протікань реалізована на бездротових кранах з електроприводом 3. В залежності від того з якого датчика протікань (CE) надійде на контролер інформація про аварію, то саме така лінія подачі буде перекрита, а саме теплоносія, або подачі звичайної води. Всі датчики або виконавчі прилади нанесені на схему згідно з експлуатаційної інструкції виробника.

## **2.2 Розробка алгоритмів та сценаріїв системи розумного освітлення**

Розробка алгоритмів та сценаріїв для системи розумного освітлення є важливою частиною інтегрованої системи розумного будинку. Ці алгоритми та сценарії визначають режими роботи освітлення та його автоматизоване керування. Перед початком розробки алгоритмів важливо визначити потреби та вимоги щодо освітлення в будинку. Автоматизація освітлення виконується з урахуванням реалізації наступних сценаріїв:

### **2.2.1 Ввімкнення і вимкнення світла по датчику руху.**

Система яка обладнана датчиками руху – є можливість реалізації автоматичного ввімкнення освітлення при виявленні руху, і вимкнення там, де рух не спостерігається. Система налаштовується таким чином, щоб світло в приміщенні продовжував горіти, якщо об'єкт знаходиться в малорухливому стані.

Це може бути реалізовано наступним чином:

- вимкнення світла після його включення через деякий час (1-5 хвилин);
- вимкнення світла після його включення автоматикою, в разі якщо було вручну натиснуто вимикач, тобто система була повідомлена про те, що світло буде вимкнено вручну, інакше світло вимкнеться самостійно;

- автоматичне відключення світла після переміщення об'єкта в наступне приміщення;

### **2.2.2 Ввімкнення та вимикання світла за часом, датою, днем тижня.**

Приклад виконання сценарію: кожен день, з 22.00 до 06.00 включається сценарій нічного режиму: включається підсвічування сходів при наявності руху, і інших нічних світильників, підсвічування вимикачів. Яскравість світла завжди має низьку інтенсивність.

### **2.2.3 Власні режими роботи**

Можливе створення режимів роботи для системи на випадок, якщо будь-які функції вимагають спеціальної обстановки для активації, наприклад:

- автоматичний режим – повністю автоматичне включення або вимкнення світла;
- ручний режим – повне відключення автоматики, включення і відключення світла проводиться строго з вказівок користувача;
- інші види сценаріїв які може налаштовувати сам користувач системи.

У будинку можуть бути реалізовані як один з трьох режимів управління освітленням за допомогою датчика руху, так і одночасно всі три. При цьому перемикання між режимами в усьому будинку або в окремих приміщеннях, може здійснюватися самим користувачем або в автоматичному режимі.

### **2.2.4 Керування яскравістю освітленням за допомогою датчика освітленості**

Функціонування системи плавного регулювання потужності світлових установок приводить в дію фото-елемент чутливий до світла – фото резистор або люксометр.

Незважаючи на наявність в переважній більшості приміщень природного освітлення в світлий час доби, потужність освітлювальної установки розраховується без його обліку. Якщо підтримувати освітленість, створювану спільно освітлювальною установкою і природним освітленням, на заданому рівні, то можна ще сильніше знизити потужність освітлювальної установки в кожен момент часу, тим самим знизити витрати на електроенергію. У певний час року і години доби можливо навіть використання одного природного освітлення. З огляду на те, що сучасні регульовані системи керування освітленістю мають ненульовий нижній поріг регулювання, в сучасних автоматизованих системах управління освітленням застосовується комбінація плавного регулювання аж до нижнього порогу з повним відключенням ламп в світильниках при його досягненні. Принцип роботи такого алгоритму зображений на рисунку 2.2:

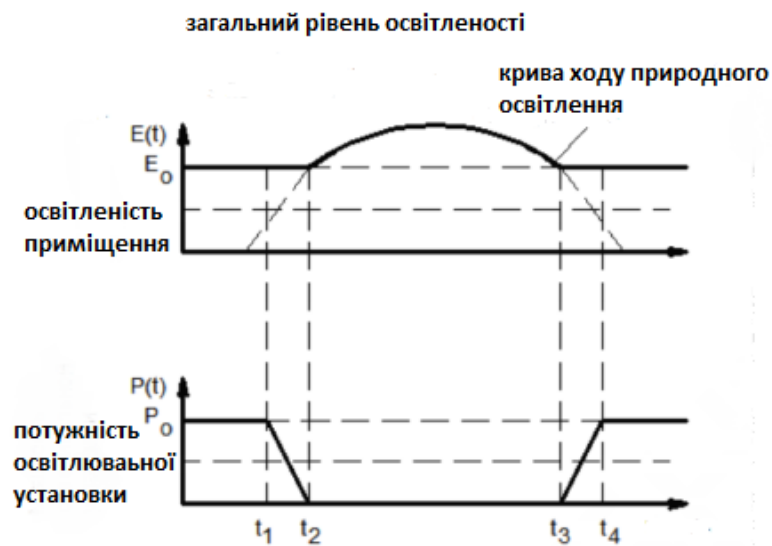


Рисунок 2.2 Принцип дії системи плавного регулювання освітлення в залежності від освітленості приміщень природним світлом

Контролер опитує люксометр або фото резистор та регулює, вмикає або вимикає освітлювальні установки. Регулювання інтенсивності освітлювальної установки виконує контролер, який генерує ШІМ сигнал для блока живлення освітлювальної становки.

ШІМ – регулювання (широтно - імпульсне). Сенс його в тому, що світлодіод періодично запалюється і гасне. При цьому струм на протязі всього часу спалаху залишається номінальним, тому спектр не спотворюється.

При такому способі регулювання потужності втрати енергії мінімальні, ККД схем з ШІМ регулюванням дуже високий, досягає 90+ %. Принцип ШІМ - регулювання досить простий. Різне співвідношення часу запаленого і погашеного стану на око сприймається як різна яскравість світіння: як в кіно - окремо показуються по черзі кадри сприймаються як рухоме зображення.

На рисунку 2.3 зображені діаграми сигналів на виході пристрою управління ШІМ (генератор імпульсів). Нулем і одиницею позначені логічні рівні: логічна одиниця (високий рівень) викликає свічення світлодіода, логічний нуль (низький рівень), відповідно, згасання.

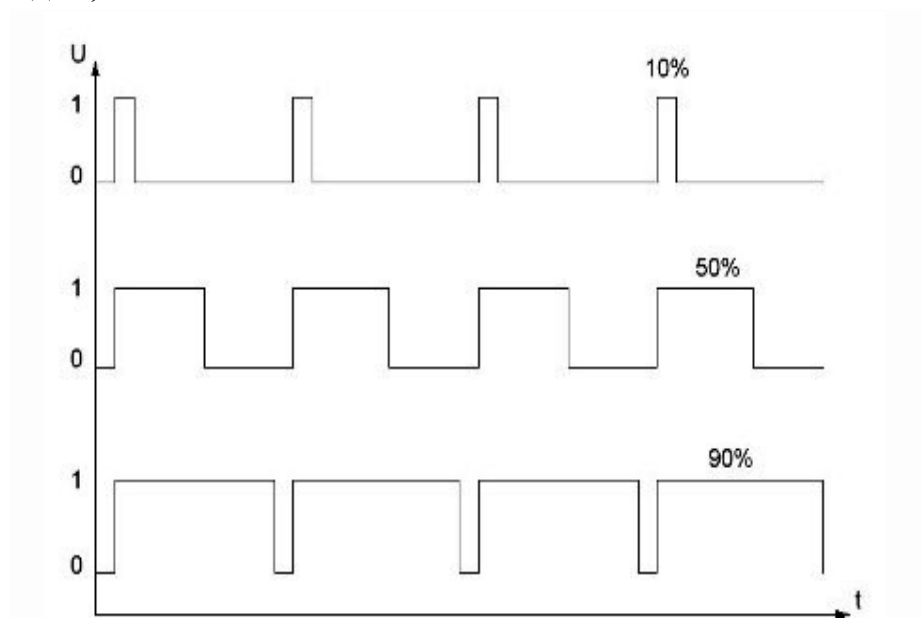


Рисунок 2.3 – Принцип ШІМ регулювання



Слід звернути увагу на те, що період проходження імпульсів (або частота) залишається незмінними. Загалом, частота імпульсів на яскравість світіння не впливає, тому, до стабільності частоти особливих вимог не висувають. Змінюється лише тривалість (ШИРИНА), в даному випадку, позитивного імпульсу, за рахунок чого і працює весь механізм широтно-імпульсної модуляції.

Тривалість імпульсів на рисунку 2.3 виражена в %. Це так званий «коефіцієнт заповнення» або, по англійській термінології «DUTY CYCLE». Виражається ставленням тривалості керуючого імпульсу до періоду проходження імпульсів. Тобто, контролер за допомогою датчика освітленості визначає загальний рівень освітленості у приміщенні і генерує потрібний ШІМ сигнал для підтримання заданої яскравості .

Спільна робота датчиків руху з датчиками освітленості дозволить вмикати світло тільки тоді, коли природного освітлення недостатньо.

### **2.3 Реалізація системи освітлення на компонентах «ConnectHome»**

Українська компанія ConnectHome – спеціалізується на рішеннях у галузі домашньої автоматизації, будучи розробником та виробником програмного забезпечення, пристроїв та системи в цілому. Робота системи заснована на бездротовій технології Z-Wave, що дало можливість зробити її універсальною та багатофункціональною.

Для реалізації системи розумного освітлення нам знадобляться наступні прилади:

1) Димер СН – 301 с S-Bus (виконавчий пристрій) представлений на рисунку 2.4.

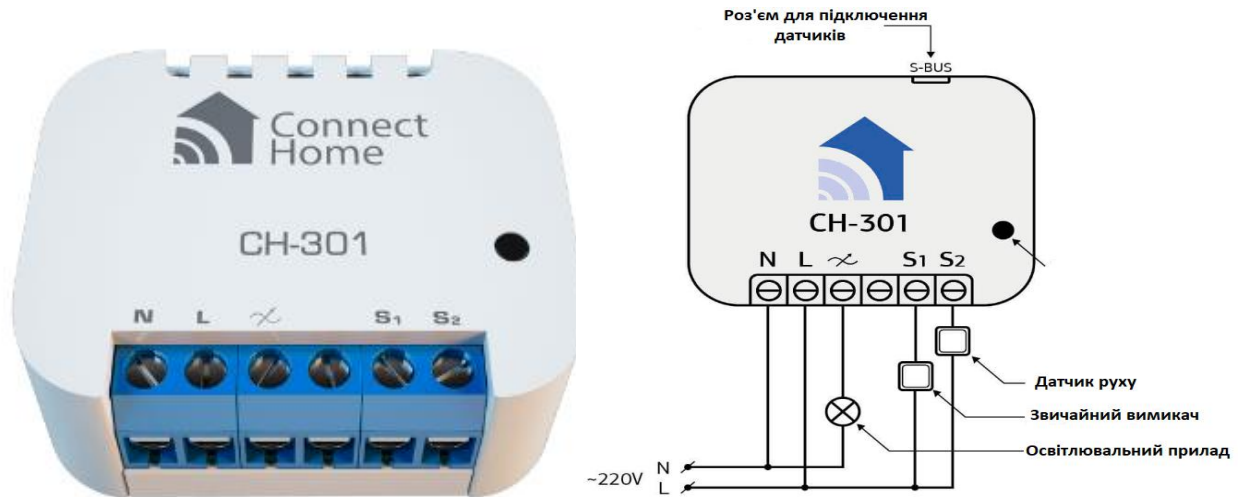


Рисунок 2.4 – Димер СН – 301 с S-Bus

Технічні характеристики :

- напруга живлення 110-250 В. АС 50/60 Hz;
- максимальна потужність навантаження 200W;
- радіус роботи радіо-передавача до 45м. на частоті 868,4 МHz;
- шина S-Bus для підключення датчиків ConnectHome;
- розміри модуля 18\*48\*37 мм;
- ступінь захисту IP-30.

2) Датчик руху та рівня освітлення

Для вимірювання рівня освітленості в приміщеннях та обліку людей =було обрано датчик Connect Home – CH-S04.10. За допомогою шини S-Bus його можна під'єднати до димера CH – 301 (рис.2.5).



Рисунок 2.5 – Датчик руху та рівня освітленості приміщення CH-S04.10

Технічні характеристики :

- кут виявлення руху по горизонталі 120 °;
- кут виявлення руху по вертикалі 82°;
- Діапазон виміру освітленості 0 - 4000Lx
- шина S-Bus для підключення.

Таблиця 2.1

Стандарти освітлення житлових приміщень

Типи житлових приміщень	Норми освітленості (люкс)	Похибка до
Кухня	150-200	3.3%
Дитяча кімната	200-250	3.3%
Робочій кабінет	300	3.3%
Вітальня	300	3.3%

Параметри рівня освітленості приміщень згідно з ДСТУ EN 12464-1:2016 світла та освітлення приміщень повинні підтримуватись на заданому рівні, для підтримання нормальних умов життя та здоров'я людини. Параметри освітлення приміщень наведені в таблиці 2.1 в люксах.

### 3) Радіо вимикач на батарейках СН-404

Радіо вимикач на батарейках СН-404 (рис.2.6) – може керувати іншими Z-Wave пристроями. Пристрій підтримує такі команди, як: ввімкнути , вимкнути, а також запуск сценаріїв на центральному контролері.



Рисунок 2.6 – Радіо вимикач на батарейках СН-404

Технічні характеристики :

- має можливість керувати пристроями, такими як: диммер (Наприклад: СН-301), модуль управління штор, ролет, жалюзі (наприклад: СН-103) та інші ;
- живиться від батарейки формату CR2032 3V;
- радіус дії в приміщенні до 45 м;

### 4) Контролер системи розумного будинку Connect Home BUTLER (рис.2.7).



Рисунок 2.7 – Контролер Connect Home BUTLER

Контролер може керувати одночасно 230 пристроями ConnectHome, одного такого контролера вистачить для створення повної мережі керуванням будинком.

### **2.3 Розробка алгоритмів та сценаріїв системи розумного опалення**

Для ефективного управління опаленням та кліматом [11]будинку потрібно здійснити точне налаштування алгоритмів регулювання температури в приміщеннях. Створення таких алгоритмів не тільки підвищить комфорт мешканців, але і суттєво знизить витрати на опалення в холодну пору року.

Кожне приміщення працює за окремою тижневою програмою, де можна задати режим управління опаленням в робочі та вихідні дні. Доба розбита двома часовими установками – умовно названими «ніч» / «день». Користувач за допомогою терміналу керування може сам створити режим роботи опалення для себе, наприклад задати потрібну температуру та час коли потрібно прогріте певне приміщення, або створювати більш складні сценарії. Гнучкий графік який задається за допомогою сценаріїв дозволяє істотно економити електроенергію або газ, опалюючи приміщення лише тоді, коли це необхідно. За рахунок подібної настройки енерговитрати можуть скорочуватись на 20-35%.

На чолі стоїть термостат, який веде обмін інформацією з датчиками температури та датчиками присутності. Одним з джерел тепла в приміщенні може злучити сонячне світло. Контролер термостата відправляє запит в систему розумного будинку про стан приміщення в якому є термостат. Контролер отримує данні с датчиків, проводить розрахунки, а результат відправляє як керуючий сигнал термостату радіатора.

Загалом, керування системою опалення за допомогою розумного будинку є сучасною та ефективною технологією, яка забезпечує комфортний клімат у приміщенні, знижує енергоспоживання, підвищує зручність управління та

моніторингу, і сприяє енергоефективному та екологічно свідомому споживанню. Власники будинку можуть налаштувати режим опалення відповідно до своїх потреб і графіку, а також віддалено контролювати температуру навіть з-за меж будинку.

Завдяки розумному термостату і сумісним додаткам, власники можуть зручно управляти системою опалення зі своїх смартфонів або комп'ютерів. Наприклад, вони можуть заздалегідь налаштувати опалення на підвищену температуру перед тим, як повернутися додому, або знизити температуру, коли вони залишають будинок на довгий період. Це дозволяє ефективно використовувати енергію та знижує зайве споживання палива.

#### **2.4.1 Сценарій ранкового прогріву приміщень**

Користувач може налаштувати систему таким чином, щоб опалення автоматично підвищувало температуру перед пробудженням. Наприклад, опалення може починати роботу на певному комфортному рівні за 30 хвилин до очікуваного часу пробудження, забезпечуючи приємну атмосферу у спальні, кухні, робочому приміщенні заздалегідь.

#### **2.4.2 Сценарій відсутності мешканців та сценарій «повернення додому»**

Режим відсутності: Коли нікого немає вдома, розумна система може автоматично знижувати температуру, щоб забезпечити енергоефективність. Наприклад, якщо всі мешканці покинули будинок, система може автоматично переключити режим опалення на економічний, забезпечуючи заощадження енергії.

Повернення додому: Розумна система може використовувати геолокацію на мобільних пристроях мешканців, щоб виявити, коли вони наближаються до дому. За допомогою цієї інформації система може автоматично підвищити

температуру в будинку, щоб забезпечити комфортне середовище до прибуття власників, або вмикати цей режим безпосередньо за командою користувача.

### **2.4.3 Індивідуальні налаштування системи опалення**

Індивідуальні налаштування за розкладом: Кожен мешканець може мати свій власний графік температурних налаштувань [2-13], які відповідають його особистим звичкам та розкладу. Система може автоматично адаптуватись до цих індивідуальних налаштувань та забезпечувати комфортну температуру в кожному приміщенні, враховуючи вподобання кожного мешканця.

Режим забезпечення комфорту: Користувач може встановити спеціальний режим, який забезпечує максимальний комфорт у будинку. Наприклад, вечере вдома з гостями. В такому випадку система може автоматично підвищити температуру в основних зонах будинку, де відбувається зустріч, для створення затишної атмосфери.

Адаптація до зміни графіку: Якщо графік дня користувача змінюється, система може легко адаптуватись до нового розкладу. Наприклад, якщо раніше працівник приходив додому в певний час, а тепер змінив графік роботи, система може автоматично змінити режим опалення, щоб відповідати новому графіку.

### **2.4.4 Реалізація системи розумного опалення на компонентах «ConnectHome» з застосуванням термостату Tervix Pro**

Для реалізації точного керування температурою в певному приміщенні нам знадобляться наступні прилади:

Датчик температури та вологості CH Sensor temperature and humidity (chsth). Це бездротовий Z-Wave пристрій, що працює від батарейки типу CR-2032, призначений для вимірювання температури та вологості, які є основними кліматичними показниками житлового приміщення.

Датчик (рис. 2.8) вимірює температуру і вологість з частотою один раз на дві хвилини в решту часу датчик знаходиться в режимі сну (зниженого енергоспоживання), що забезпечує низьке енергоспоживання сенсора. При першому запуску датчик вимірює температуру ( $t$  °C) і вологість навколишнього середовища, відправляє її контролеру і записує ці дані як  $t_1$ . При наступних вимірюваннях датчик порівнює показання поточного вимірювання ( $t$ ) і останнього успішно відправленого вимірювання ( $t_1$ ) і якщо дані відрізняються більш ніж на значення яке записано в параметрі 2 ( $\Delta t$ ) дані відправляються контролеру і записуються як  $t_1$ . Якщо дані відрізняються  $t_1$  і  $t$  відрізняються на значення менш ніж  $\Delta t$  фактична температура не відправляється (рис 1). Завдяки цьому алгоритму датчик відправляє температуру та вологість тільки у разі зміни температури більш ніж  $\Delta t$ , що збільшує ефективність та економить енергоспоживання. Мінімальне значення  $\Delta t$  є  $0,65$  °C яке встановлено за умовчанням (параметр 2).



Рисунок 2.8 – Датчик температури та вологості CH-STH

Технічні характеристики :

- живлення батарейка типу CR2032;
- частота радіо сигналу 868,4 MHz;
- діапазон вимірювання вологості 0-100%;



- діапазон вимірювання температури від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $85^{\circ}\text{C}$ .

Монтаж таких приладів виконується дуже легко , лише треба обрати правильне місце розташування. Місце встановлення має такі вимоги :

- відсутність протягів;
- відсутність приладів які виділяють велику кількість тепла;
- відсутність поряд вікон або дверей;
- висота розташування датчика повинна сягати від 150 см. до 190 см.

Такі датчики закріплюються на місці монтажу за допомогою клейкої задньої стінки.

Радіаторний термостат буде виконувати регулювання температури в кімнаті, який буде регулювати температуру подачі теплоносія на радіаторі. За це буде відповідати бездротовий радіаторний термостат (терморегулятор) Tervix Pro. – незамінна частина розумного будинку.

Бездротовий термостат радіаторний працює на змінних елементах живлення (батарейки , акумулятори), без дротів, простий в установці, призначений для контролю температури водяного радіатора, забезпечує комфортну температуру, зменшує втрати енергії, економить витрати на опалення.



Рисунок 2.9 – Бездротовий радіаторний термостат Tervix Pro.

Технічні характеристики:

- керування по протоколу Z-Wave;
- частота радіо сигналу 868,4 MHz;
- дальність прийому сигналу 30 м. в закритому просторі ;
- великий Q-Led екран ;
- діапазон регулювання від 0 до 95 °C ;
- діапазон вимірювання температури теплоносія від 0 до 95 °C ;
- живлення відбувається від батарейок типу AA , або від аналогічних акумуляторів ;

Термостат має вбудований Z-Wave модуль бездротового зв'язку з низьким енергоспоживанням і LCD дисплей.

Монтаж бездротового термостату Tervix Pro в радіатор виконується наступним чином :

- перекрити вхідні вентиля радіатора опалення;
- злити воду з радіатора за допомогою клапана зливу ;
- ущільнити різьбове з'єднання термостату і радіатора за допомогою ФУМ – стрічки , або іншого високотемпературного ущільнювача ;
- вкрутити термостат в радіатор за допомогою гайкового ключа ;
- запустити радіатор у роботу , відкривши вентиля .

Після введення радіатора в систему опалення , дуже важливо перевірити усі з'єднання на герметичність . У випадку виявлення протічки треба як можна швидше перекрити запірну арматуру радіатора та усунути недоліки монтажу.



Рисунок 2.10 – Монтаж бездротового радіаторного термостату Tervix Pro

Всі вище наведені прилади можна підключати за допомогою протоколу Z-Wave до контролера розумного будинку Connect Home BUTLER, які згадувались раніше. Тобто для будинку достатньо один раз створити Z-Wave мережу, за допомогою контролера і в подальшому можна до неї буде добавляти інші Z-Wave прилади, та створювати нові системи автоматизації будинку.

#### **2.4.4. Система анти протікання**

Захист власного будинку від потенційних протікань та затоплень є важливою складовою безпеки та комфорту. Автоматична система анти протікання, інтегрована у розумний будинок, є передовим рішенням, яке дозволяє вчасно виявляти та реагувати на потенційні протікання, забезпечуючи надійний захист та запобігання затопленням.

Основний принцип роботи автоматичної системи анти протікання полягає в розміщенні датчиків протікання у важливих зонах будинку, де можуть виникнути проблеми з водопостачанням або водовідведенням, таких як кімнати, кухні, зони за радіаторами опалення, приміщення в яких є розведення сантехніки

та опалювального обладнання та інші. Ці датчики моніторять рівень вологості та виявляють будь-яке протікання.

Коли датчик виявляє протікання, він негайно передає сигнал до центральної системи управління розумного будинку. Контролер своєю чергу віддає команди на перекриття клапанів, та повідомляє власникам про подію за допомогою повідомлень.

Для організації такої системи знадобляться наступні Z-Wave модулі:

Кран з електроприводом СН-601  $\frac{3}{4}$  (рис.2.11) монтується на труби подачі води або теплоносія і за командою контролера може припинити подачу води в дім.

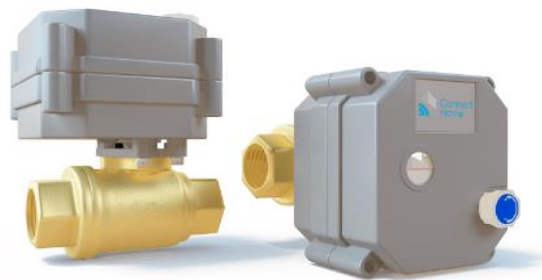


Рисунок 2.11 Кран з електроприводом СН-601  $\frac{3}{4}$

#### Технічні Характеристики:

- керування по протоколу Z-Wave;
- частота радіосигналу 868.4 MHz;
- живлення від мережі 110 – 250 V AC 50/60 HZ
- діаметр різьби 20 MM (3/4).

Кран з електроприводом СН-601 – це пристрій, який використовується для дистанційного або ручного відкриття/закриття подачі води у системах водопостачання та опалення. СН-601 є електромеханічною конструкцією, яка

складається з електроприводу і двоходового кульового крана типу відкритий/закритий. Кран можна використовувати разом з датчиком затоплення для створення універсального пристрою, який у разі протікання автоматично припинить подачу води. Кран оснащений ручним керуванням, що дає змогу відкривати та закривати кран навіть за відсутності електроенергії.

Датчик протипротікань води FloodSensor Z-Wave FGFS-101 (рис.2.12). Датчик повністю бездротовий, тому розмістити такий датчик можна де завгодно, згідно його інструкції він працює на батарейках типу CR123A на протязі 2 років.



Рисунок 2.12 – Датчик протипротікань води FloodSensor Z-Wave FGFS-101

Технічні Характеристики:

- керування по протоколу Z-Wave;
- частота радіосигналу 868.42 МГц (EU);
- радіус дії в приміщенні до 45м.;
- ступінь захисту IP-56;

Датчик чудово працює на нерівних поверхнях, наприклад на кахельній плитці, завдяки телескопічним ніжкам, які компенсують нерівності поверхні. FIBARO Flood Sensor FGFS-101 оснащений трьома ніжками, покритими 24-каратним золотом.

## 2.5 Принцип налаштування системи Connect Home та підключення до неї Z-Wave пристроїв

Для початку роботи потрібно обрати місце встановлення контролера Butler. Для коректної роботи варто уникати розміщення в місцях які можуть зменшити радіус передачі сигналу, що обмежує, наприклад: металевий шаф, товсто бетонні стіни та інше.

Після його встановлення до нього треба приєднати кабель живлення від блока живлення та LAN кабель мережі інтернет.

Для початку налаштування вам потрібно скачати програму «Butler Detector» (рис.2.13), встановити її на свій ПК, та розпочати пошук контролера.

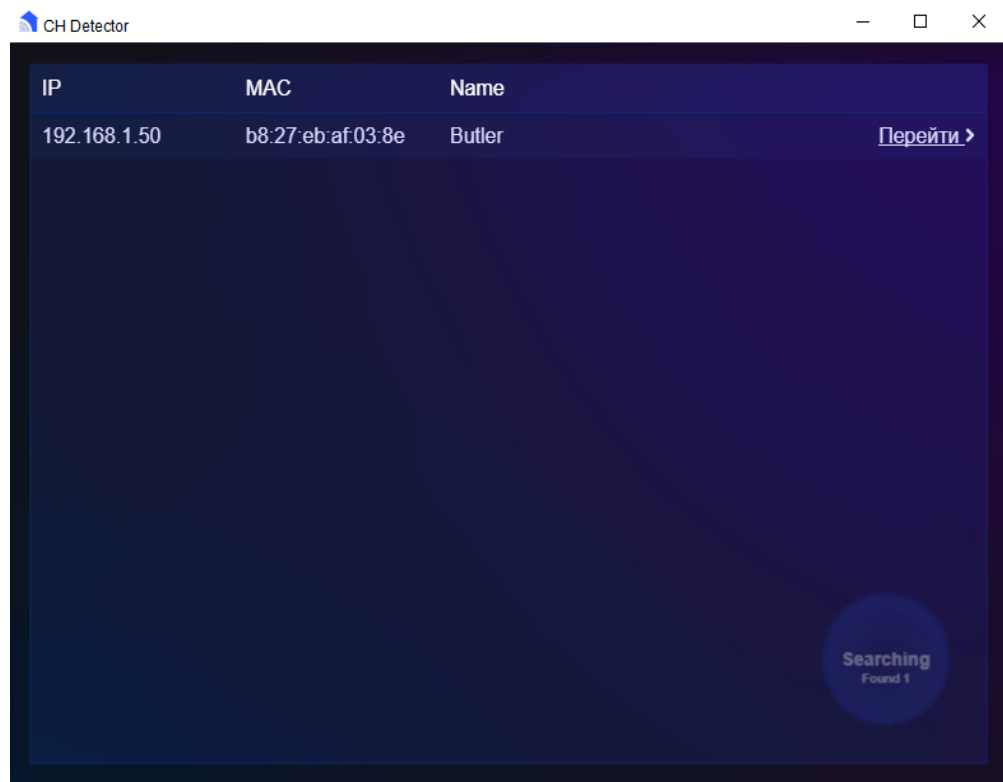


Рисунок 2.13 – Інтерфейс пошуку програми Butler Detector

Після того як ви знайдете свій контролер в локальній мережі, щоб зайти в його Web-інтерфейс треба ввести логін і пароль. За промовчанням ім'я

користувача – “admin”, пароль – “12345678”. При подальшому налаштуванні контролера ім'я користувача та пароль можна буде змінити.

Якщо ви успішно виконали вище згадані дії, то ви потрапите на головну сторінку контролера (рис.2.14).

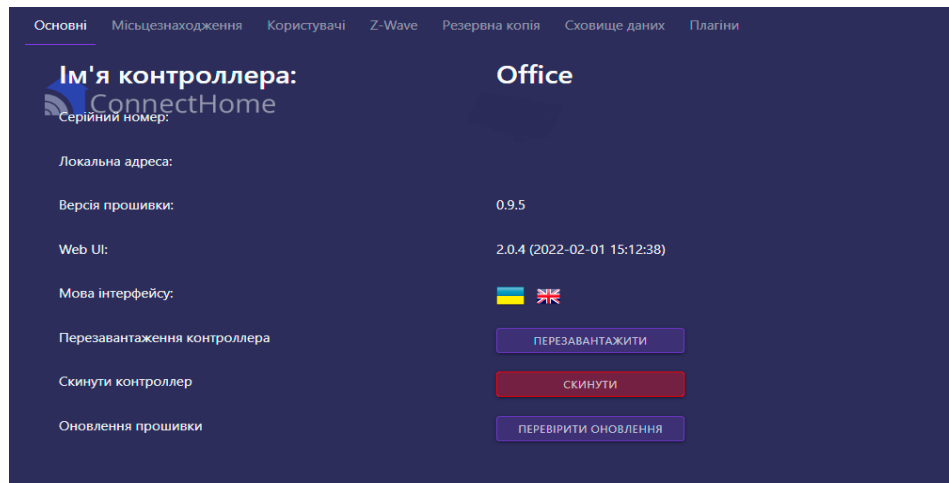


Рисунок 2.14 – Головна Web-сторінка контролера Butler

На цій сторінці відразу можна вибрати: зручну мову, змінити ім'я контролера, населений пункт розташування, додати контактний e-mail і підписати ліцензійну угоду.

Створення «кімнат» (рис.2.15) в які ми будемо додавати прилади і створювати сценарії, потрібно зайти в меню створення

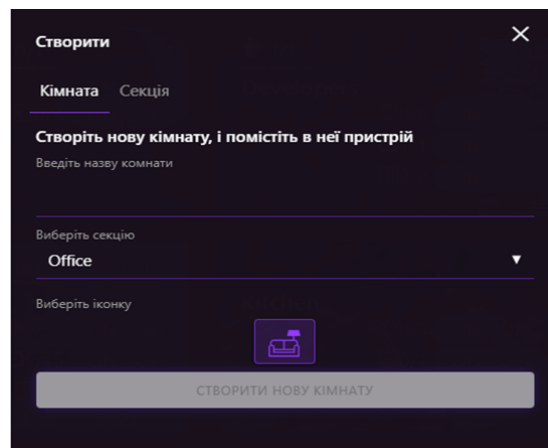


Рисунок 2.15 – Створення кімнати

У діалоговому вікні, що відкрилося, можна задати назву кімнати/секції, вибрати секцію для кімнати, вибрати іконку (фото) для кімнати. Після додавання кімнати до бази даних до неї можна буде додавати пристрої.

Для додавання нового приладу в певну кімнату треба зайти в контекстне меню (рис.2.16) додавання пристроїв:

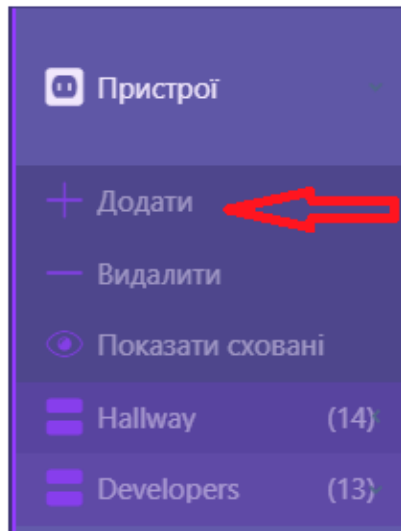


Рисунок 2.16 – Контекстне меню

В новому меню, що відкриється треба задати назву приладу (рис.2.17), та обрати кімнату в якій він знаходиться.

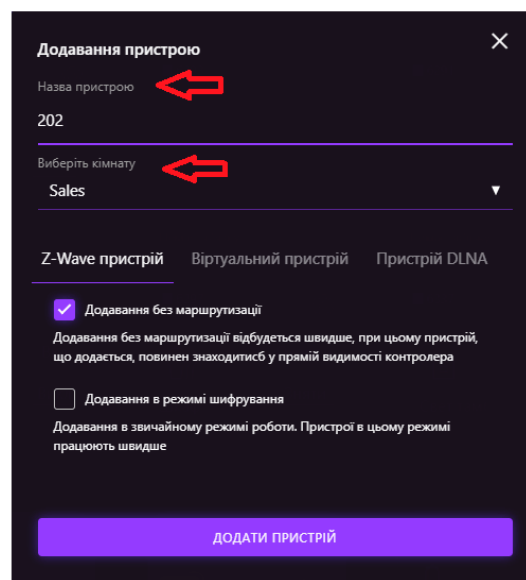


Рис. 2.17 – Меню додавання приладу



Після натискання на кнопку "Додати пристрій" контролер перейде в режим додавання (рис.2.18) і буде очікувати відповідну команду від пристрою. В цей час треба перевести прилад в режим додавання, для цього потрібно коротко натиснути кнопку на модулі 3 рази.

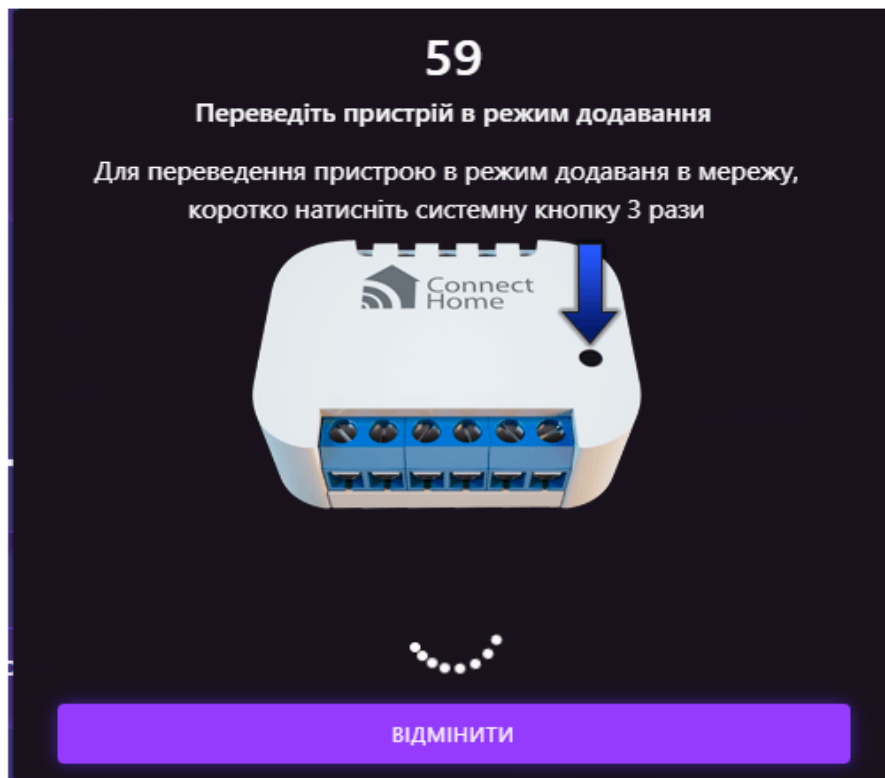


Рис. 2.18 – Принцип підключення модулю Z-Wave до контролера

Після появи відповідного діалогового вікна подайте живлення на пристрій ConnectHome і він додасться автоматично (NWI). Якщо це не сталося автоматично, тричі коротко натисніть на системну кнопку.

Процедура додавання пристрою займає як правильно близько 2 хвилин і залежить від конфігурації мережі та пристроїв, які ви намагаєтесь додати. Статус процедури додавання показано на індикаторі процесу додавання, будь ласка, дочекайтеся закриття діалогового вікна та повідомлення про успішне додавання пристрою. Додавання пристрою краще робити в безпосередній близькості до контролера. Якщо виникли проблеми з підключенням пристрою до Z-Wave

мережі, необхідно пройти процедуру виключення з мережі, а потім повторіть процедуру додавання.

### **Висновки**

1. Розроблено функціональну схему автоматизації «розумного будинку» Основною метою цієї схеми є визначення функцій, що будуть автоматизовані, алгоритмів та зв'язків між ними.

2. Запропоновано розробку алгоритмів та сценаріїв системи розумного опалення:

- сценарій ранкового прогріву приміщень (автоматичне підвищення температури перед пробудженням);

- сценарій відсутності мешканців та сценарій «повернення додому»;

- індивідуальні налаштування системи опалення.

3. Запропоновано реалізацію системи розумного опалення на компонентах «Connect Home» (датчик температури та вологості CH-STH) із застосуванням бездротового радіаторного термостату Tervix Pro.

4. Запропонована автоматична система анти протікання (кран з електроприводом CH-601  $\frac{3}{4}$ , датчик проти протікань води FloodSensor Z-Wave FGFS-101) інтегрована у розумний будинок дозволить вчасно виявляти та реагувати на потенційні протікання, забезпечуючи надійний захист та запобігання затопленням.

5. Запропоновано налаштування системи Connect Home за допомогою програми «Butler Detector» та підключення до неї Z-Wave пристроїв.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

### 3.1 Аналіз наявної системи опалення та розробка стратегії автоматизації

Розробка системи автоматизації почалась з детального аналізу наявних опалювальних систем. В даному замиському будинку опалювальна система змонтована в котельному приміщенні ззовні дому (рис.3.1).



Рис. 3.1 – Котельне приміщення

Автоматизація котельні приватного будинку є однією з ключових інноваційних технологій, яка дозволяє забезпечити ефективно та зручне управління системою опалення. Завдяки автоматизації, власники будинків можуть отримати більшу економію енергоресурсів, комфорт та безпеку у своєму житловому просторі. Крім того, автоматизація котельні сприяє підвищенню безпеки. Система моніторингу дозволяє виявити можливі неполадки такі як перевищення температури теплоносія, перевищення тиску в системі подачі

теплоносія в будинок, та вчасно припинити нагрівання теплоносія та скинути тиск. Тим самим зберегти опалювальне обладнання.

В котельні вже змонтовані котли (рис.3.2), системи контролю тиску, погодо-залежні системи регулювання температури теплоносія, який поступає в будинок.



Рис. 3.2 – Котли та агрегати системи опалення

Основним тепло-генеруючим елементом є електричний котел Protherm Скат 12 К (рис.3.3). Електрокотел Protherm потужністю 12 кВт є одним зі сучасних рішень для систем опалення та гарячого водопостачання. Дані електрокотли з трьохфазним живленням мають деякі переваги порівняно з однофазними системами. Завдяки трьом фазам можна забезпечити більш стабільний та рівномірний нагрів води, що забезпечує більш ефективну роботу системи опалення.



Рисунок 3.3 – Електричний котел Protherm Скат 12 К

Технічні характеристики:

- Підключення до 3-х фазної мережі;
- Потужність 3 тена по 4 кВт (12 кВт);
- ККД при повній потужності 98.2%;
- Температура до якої прогрівається теплоносій 90 °С;
- Робочий тиск від 1 до 3 Бар;
- Можливість вмикати котел за допомогою 2х замкнутих контактів;
- Вага 41 Кг.

Другим джерелом тепла в системі опалення є твердопаливний котел верхнього горіння Stropuva S 20 (рис.3.4). У котлах Stropuva S втілено технологію інноваційного спалювання палива, запатентовану в Литві та захищену багатьма сертифікатами країн Європейського Союзу та інших країн світу, включаючи Україну.

Суть даної технології полягає у верхньому горінні палива, що забезпечує тривале та ефективне горіння палива. Виробник гарантує тривалість горіння дров до тридцяти годин. Перевірити цю технологію можна за допомогою сірника, горіння якого буде набагато довше, якщо вогонь горітиме зверху вниз.



Рисунок 3.4 – твердопаливний котел верхнього горіння Stropuva S 20

Технічні характеристики:

- Потужність 20 кВт;
- ККД 89%;
- Площа опалення 100-250 М<sup>2</sup>;
- Робочий тиск 2 Бар;
- Номінальна температура теплоносія 80°C;
- Вага 231 Кг.

Теплоносій який підігрівається тим, чи іншим котлом по першому контору потрапляє в тепло-акумуляторну бочку. В нашій системі використовується бочка KRONAS 1T на одну тонну рідини. Теплоакумуляторна бочка (також відома як бак для накопичення тепла) є важливим компонентом систем опалення та

гарячого водопостачання. Вона виконує кілька важливих функцій, що сприяють ефективному використанню тепла.

Теплоаккумуляторна бочка (рис.3.5) дозволяє зберігати надлишок тепла, який генерується системою опалення або гарячого водопостачання, і використовувати його в моменти, коли попит на тепло є нижчим. Завдяки цьому, енергія не витрачається безперервно, а зберігається для використання в потрібний момент.

Бочка допомагає регулювати температуру в системі опалення або гарячого водопостачання. Коли бочка наповнюється гарячою водою, вона додає додаткову теплоємність до системи, що дозволяє підтримувати стабільну температуру протягом тривалого часу. Коли температура в приміщенні або попит на гарячу воду знижується, бочка віддає накопичене тепло, щоб підтримати комфортні умови.



Рисунок 3.5 – Теплоаккумуляторна бочка KRONAS 1T

Після нагрівання теплоносія його потік в будинок регулює система HERZ. HERZ є відомим виробником систем опалення та терморегулювання, включаючи системи з трьохходовими клапанами. Трьохходовий клапан є важливою складовою частиною системи терморегулювання HERZ (рис.3.6),



оскільки він дозволяє контролювати потік гарячої води в опалювальну систему залежно від потреби та вимог.

Основний принцип роботи трьох ходового клапана полягає в регулюванні пропускної здатності трубопроводу, який подає гарячу воду до опалювальних елементів, таких як радіатори або підлогове опалення. Клапан має три входи та вихід: гаряча вода, повернення і виходи до опалювальних елементів. Повернена вода продовжує підігрівати воду в тепло акумуляторі що питомо знижує витрати на опалення.



Рисунок 3.6 – Система контролю теплоносія HERZ

Термостатична головка містить датчик температури, який реагує на зміни температури в приміщенні. Коли температура піднімається до заданого рівня, термостатична головка здійснює регулювання трьох ходового клапана, зменшуючи пропускну здатність і, відповідно, кількість гарячої води, що проходить через опалювальну систему. Це дозволяє підтримувати стабільну температуру в приміщенні і забезпечує енергоефективне використання тепла.



Проаналізувавши власну систему опалення та вищезгадані її компоненти, було визначено, що цій системі не вистачає автоматизації контролю електричного котла. Основні задачі, які повинна виконувати система автоматизації:

1. Керування електричним котлом за допомогою двох датчиків температури. Перший датчик повинен вимірювати температуру в тепло-акумуляторі, якщо вона нижча за  $40^{\circ}\text{C}$  то потрібно ввімкнути електричний котел та нагрівати воду поки температура не досягне  $78-80^{\circ}\text{C}$ . Другий датчик повинен вимірювати температуру на вулиці, якщо вона більше ніж  $+15^{\circ}\text{C}$  – потрібно примусово вимкнути електричний котел, тому що при такій температурі опалення не потрібне. Якщо температура на вулиці сягає  $-15^{\circ}\text{C}$  – примусово ввімкнути котел для подальшого опалення.

2. Віддалене керування електричним котлом за допомогою команд від користувача. За основу віддаленого керування я обрав систему яка працює на чат-боті в мережі «Telegram».

3. Керування електричним котлом за часом. Наявність двох-тарифного лічильника електроенергії дозволяє економити на опаленні власні кошти. Нічний електро-тариф коштує на 50% менше ніж денний. Тому опалення та нагрів теплоносія в тепло акумуляторі краще робити в нічний час. Тому система повинна вмикати котел якщо це потрібно з 23:00 до 5:00 ранку. За цей час будинок встигає повністю погрітись, а також теплоносій в бочці має майже найвищу температуру.

4. Керування системою «аварійного підігріву котельні». В приміщенні котельні розташований датчик температури повітря, якщо вона впаде до  $+2^{\circ}\text{C}$ , контролер повинен ввімкнути електричний калорифер, до поки температура не досягне  $+15^{\circ}\text{C}$ . Ця система потрібна для запобігання замерзання системи опалення, а саме води в трубах при низьких температурах.

## 3.2 Вибір контролера, датчиків та виконавчих пристроїв

### 3.2.1 Вибір контролера

При виборі контролера було обрано контролер ESP32 (рис.3.7). Основною перевагою був вбудований WIFI-модуль та багато пінів для підключення різноманітних виконавчих приладів та датчиків [14]. Контролер ESP32 є потужним мікроконтролером, який базується на системі на кристалі (SoC) і розроблений компанією Espressif Systems. Він є покращеною версією контролера ESP8266 і має багато передових функцій та технічних характеристик.

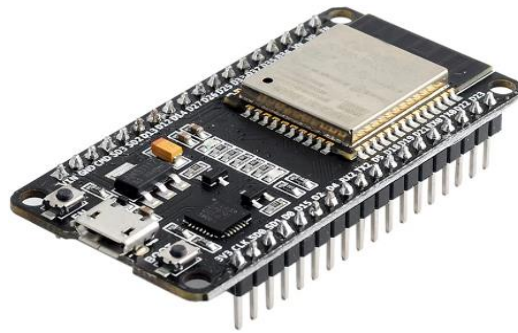


Рисунок 3.7 – Контролер ESP32 LuaNode

ESP-32 виконаний на базі популярного двоядерного чіпсету ESP32, зі змінною тактовою частотою від 80 МГц до 240 МГц. Модуль розроблений для переносної та автономної електроніки та додатків інтернет-речей, виконаний у мініатюрному корпусі 25,5 мм x 18 мм, має на борту Flash пам'ять, кварц 40 МГц та PCB антену, що забезпечує відмінні RF характеристики.

ESP32 має багату периферію, що включає такі інтерфейси як UART, SPI, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S, роз'єм для SD карти, інфрачервоний порт, інтерфейс для підключення ємнісної сенсорної панелі.

Загалом, контролер ESP32 є потужним та універсальним рішенням для розробки різноманітних IoT-проектів, де потрібна безпроводна комунікація, широкий вибір роз'ємів та ефективне використання енергії.

Зручна розробка програмного забезпечення - ESP32 підтримує різноманітні інтегровані середовища розробки, включаючи Arduino IDE та MicroPython, що робить розробку програмного забезпечення зручною та доступною.

### 3.2.2 Вибір датчика температури

В даній роботі були обрані датчики температури типу DS18B20 (рис.3.8). Вони є цифровим температурним датчиком, що базується на протоколі однодротового інтерфейсу 1-Wire. Він забезпечує точне вимірювання температури з високою роздільною здатністю та широким діапазоном робочих температур. DS18B20 має компактний корпус, який легко монтується та підключається до контролера або мікроконтролера.

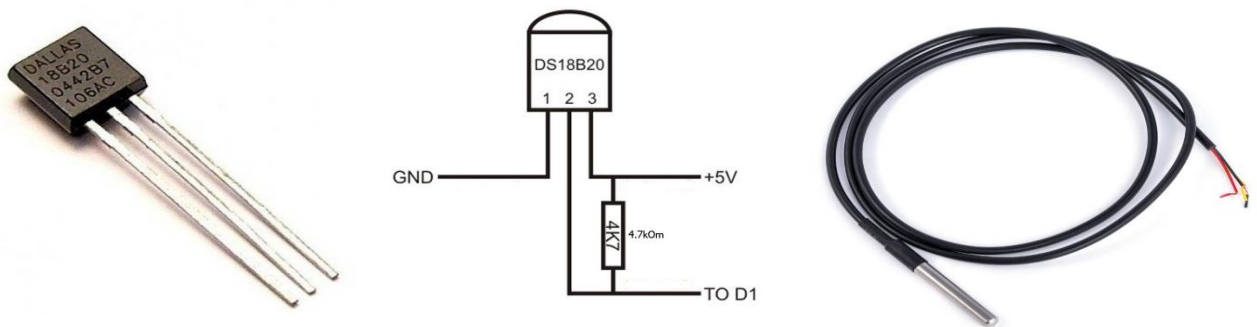


Рисунок 3.8 – Датчик температури DS18B20

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання температури від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ ;
- Точність до  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  в діапазоні від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ ;
- Інтерфейс 1-Wire: DS18B20 використовує протокол 1-Wire, що дозволяє підключати кілька датчиків до одного інтерфейсу. Кожен датчик має унікальний 64-бітний ідентифікатор.

### 3.2.3 Вибір реле

Для керування котлом та калорифером було обрано твердотільні реле FORTEK 40A (рис.3.9). Вони використовуються як електронні перемикачі для

управління електричними колами. Твердотільні реле не мають рухомих частин, таких як контакти, які знаходимо в традиційних реле. Замість цього, вони використовують напівпровідникові елементи, такі як транзистори або тиристори, для керування електричним струмом.

Однією з найбільших переваг твердотільних реле є їх висока надійність. Завдяки відсутності рухомих частин, ТР мають довгий термін служби і малу шанс вийти з ладу внаслідок зношування або механічних пошкоджень. Вони також більш стійкі до впливу вібрацій, ударів і перепадів температури, що робить їх ідеальними для використання в навколишньому середовищі з високою надійністю.



Рисунок 3.9 – Реле FORTEK 40A

Іншою важливою перевагою ТР є їх швидка реакція на сигнали. Традиційні механічні реле потребують часу для включення і виключення контактів, що обмежує їх використання в деяких швидкодіючих додатках. Твердотільні реле не мають цих обмежень і можуть перемикає струми в мікросекундах. Це робить їх ідеальними для вимикання і керування потужними електричними навантаженнями в промислових пристроях, таких як регулятори, перетворювачі, інвертори тощо.

### 3.2.4 Вибір екрану

Для виведення поточної інформації про температуру та стан реле було обрано дисплей OLED 128X64 I2C (рис.3.10).

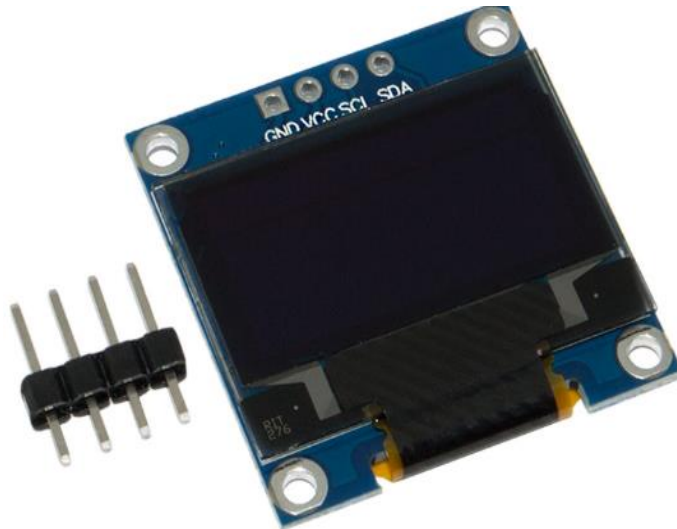


Рисунок 3.10 – дисплей OLED 128X64 I2C

Екран 0.96 128X64 OLED I2C – це компактний і яскравий дисплей, який використовує OLED-технологію (органічні світлодіоди) для відображення інформації. Цей конкретний екран має розмір 0,96 дюйма і роздільну здатність 128 x 64 пікселів. OLED-технологія забезпечує високу якість зображення з яскравими і чіткими кольорами. Кожний піксель на екрані OLED складається з органічних матеріалів, які світяться при подачі електричного струму. Це дозволяє отримати глибокі чорні кольори і контрастне зображення, оскільки пікселі можуть бути вимкнені і не світитися, коли необхідно відображати чорний колір.

Контролер інтерфейсу шини I2C (Inter-Integrated Circuit) вбудований у цей екран, що дозволяє легко підключити його до мікроконтролера або іншого пристрою за допомогою всього двох проводів – SDA (дані) та SCL (години). Це робить його дуже зручним для використання в різних проектах, зокрема вбудованих системах і прототипах.

### 3.3 Створення схеми та розробка макета пристрою

Після аналізу системи опалення, вибору потрібних компонентів наступним етапом було розробити макет готового пристрою для керування системою опалення. Спочатку було створено схему пристрою в програмі Fritzing [15].

Fritzing – це візуальний інструмент для розробки електронних прототипів, який дозволяє користувачам створювати схеми, розташування компонентів та РСВ-макети (печатні плати) у зручному графічному середовищі.

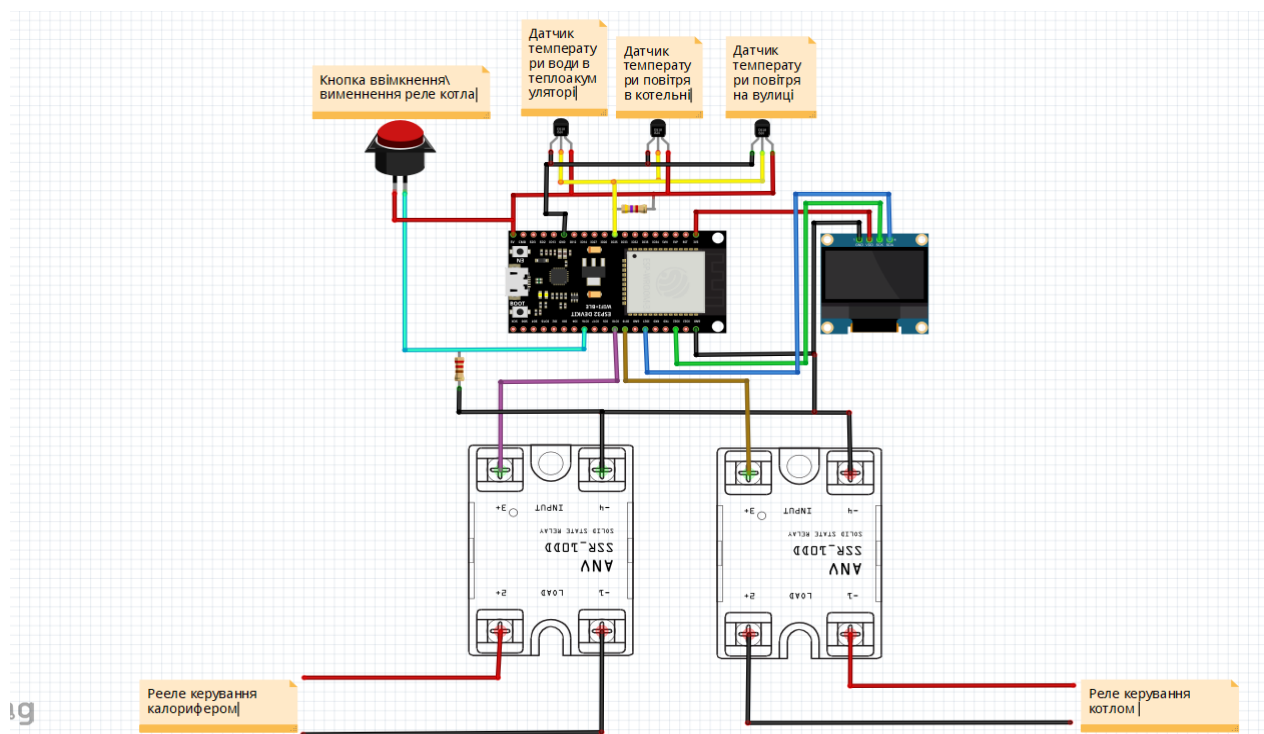


Рисунок 3.11 – Схема підключень периферії до ESP32

Далі було зібрано декілька прототипів приладу. Зазвичай для зборки подібних приладів використовуються розподільчі коробки різних розмірів. Вони слугують дуже міцним корпусом для приладу, а також на їх передній кришці можна зробити отвори для кнопок, дисплеїв, світлодіодів, тощо, завдяки цьому можна зручно керувати приладом та отримувати інформацію про його стан.

Датчик температури тепло-акумулятора я вирішив закріпити на спеціальний відрізок труби для вимірювання температури. Датчик температури повітря в котельні я закріпив біля труб які могли промерзати, саме там був становлений калорифер. Датчик вимірювання температури на вулиці в герметично корпусі був закріплений під кришою.

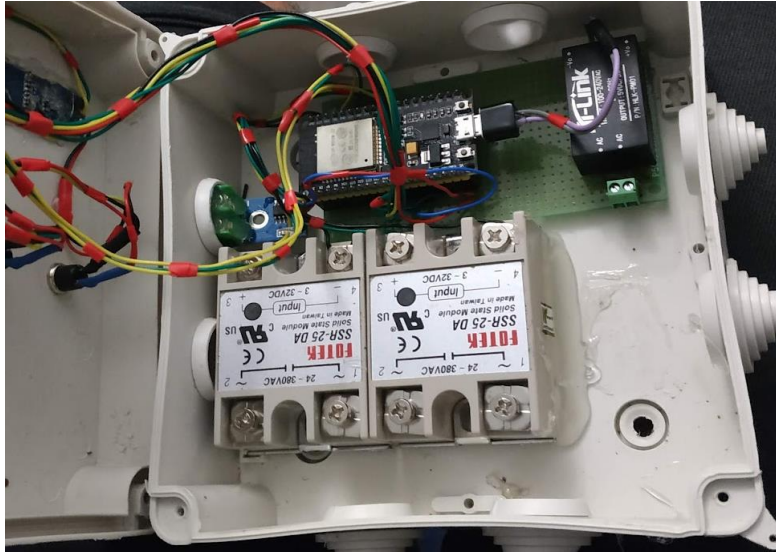


Рисунок 3.12 – Макет приладу автоматизації котла

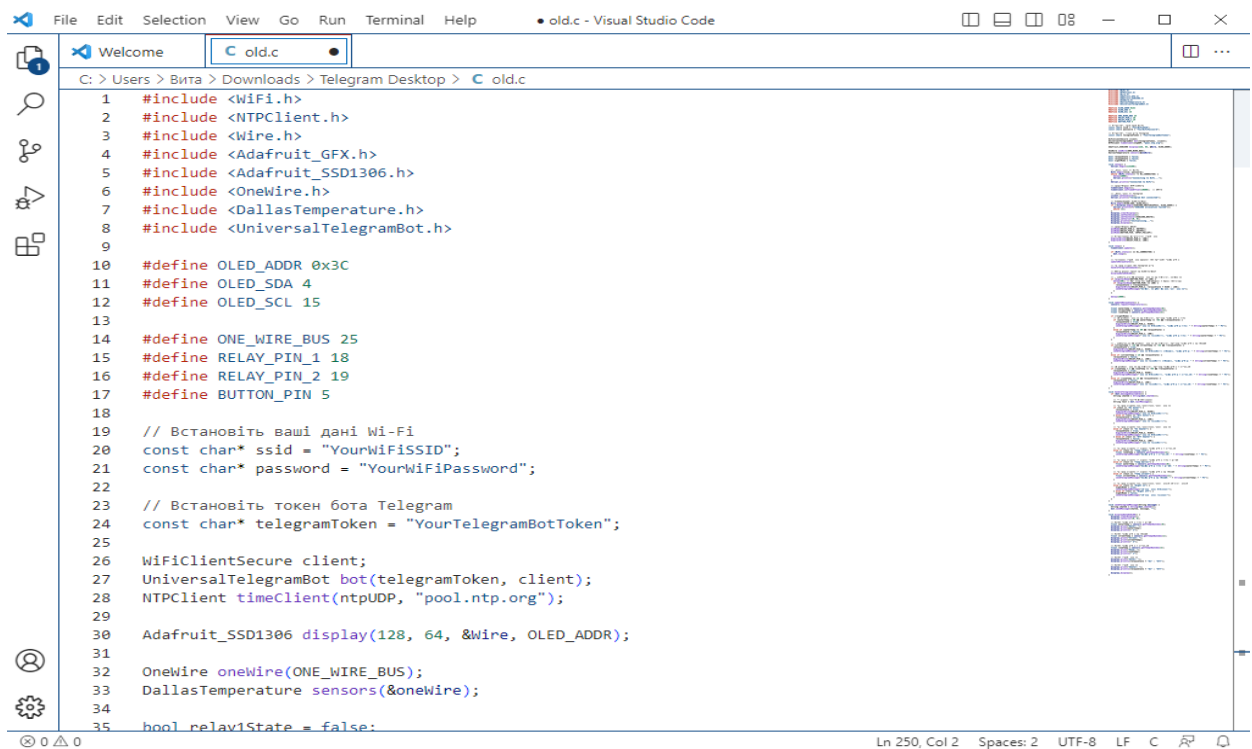


Рисунок 3.14 – Принцип закріплення датчика температури на тепло-акумуляторі



### 3.4 Середа для програмування Visual Studio Code та розробка програмного забезпечення

Для розробки програмного забезпечення для контролера використано середу програмування Visual Studio Code (рис.3.15). Visual Studio Code (часто називають VS Code) – це безкоштовний редактор коду, розроблений компанією Microsoft [16]. Він став дуже популярним серед розробників завдяки своїм потужним можливостям, широкій підтримці мов програмування і розширень, а також своїй кросплатформенності (працює на Windows, macOS та Linux).



```

1 #include <WiFi.h>
2 #include <NTPClient.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <Adafruit_GFX.h>
5 #include <Adafruit_SSD1306.h>
6 #include <OneWire.h>
7 #include <DallasTemperature.h>
8 #include <UniversalTelegramBot.h>
9
10 #define OLED_ADDR 0x3C
11 #define OLED_SDA 4
12 #define OLED_SCL 15
13
14 #define ONE_WIRE_BUS 25
15 #define RELAY_PIN_1 18
16 #define RELAY_PIN_2 19
17 #define BUTTON_PIN 5
18
19 // Встановіть ваші дані Wi-Fi
20 const char* ssid = "YourWiFiSSID";
21 const char* password = "YourWiFiPassword";
22
23 // Встановіть токен бота Telegram
24 const char* telegramToken = "YourTelegramBotToken";
25
26 WiFiClientSecure client;
27 UniversalTelegramBot bot(telegramToken, client);
28 NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org");
29
30 Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, OLED_ADDR);
31
32 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
33 DallasTemperature sensors(&oneWire);
34
35 bool relay1State = false;

```

Рисунок 3.15 – Інтерфейс середовища Visual Studio Code

VS Code має інтуїтивний і зручний для використання інтерфейс. Він пропонує швидкий доступ до основних функцій та інструментів редактора. VS Code підтримує велику кількість мов програмування, включаючи популярні мови, такі як JavaScript, Python, C++, Java і багато інших. Кожна мова має [17-24]вбудовані функції підсвічування синтаксису, автодоповнення та перевірки помилок. Також він має потужну систему розширень, яка дозволяє розробникам



створювати власні розширення або використовувати наявні з великим спектром функцій [ДодатокА] .

### 3.4.1 Створення телеграм-бота

Для взаємодії соціальної мережі «Телеграм» з контролером ESP-32 [25] потрібно створити чат-бота, який буде відправляти команди та отримувати відповіді від ESP-32. Для того щоб створити власного бота відкрийте «Телеграм», та виконайте наступні дії.

1. Знайдіть «botfather » в пошуку та запустіть бота командою `/start` (рис.3.16).

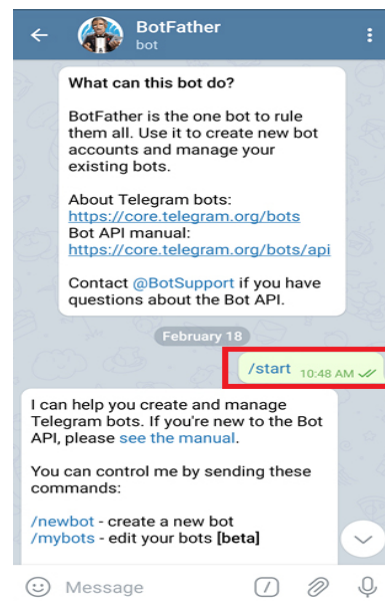


Рисунок 3.16 – Запуск бота

Далі введіть команду `/newbot` для створення власного бота, та отримайте власний «Токен» бота, який у подальшому треба буде прописати в коді контролера (рис.3.17).

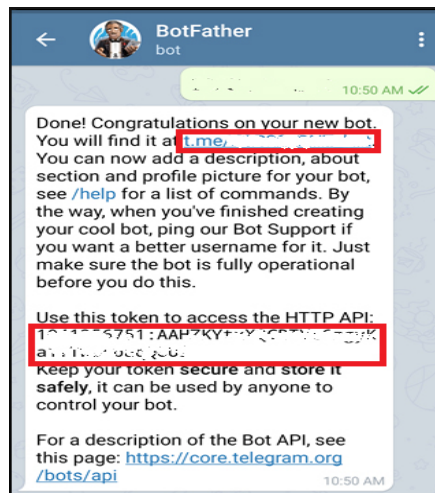


Рисунок – 3.17 Створення бота та отримання токenu

### 3.4.2 Програмне забезпечення для ESP32

Розробка програмного забезпечення на платформі ESP32 базується у першу чергу з розробки схеми та визначення модулів (рис.3.18). У цьому блоку підключаються необхідні бібліотеки для роботи з датчиками температури, Wi-Fi, NTP-клієнтом, Telegram Bot API та OLED-дисплеєм:

```

1  #include <WiFi.h>
2  #include <NTPClient.h>
3  #include <Wire.h>
4  #include <Adafruit_GFX.h>
5  #include <Adafruit_SSD1306.h>
6  #include <OneWire.h>
7  #include <DallasTemperature.h>
8  #include <UniversalTelegramBot.h>
9

```

Рисунок 3.18 – Ініціалізація бібліотек для модулів та інтернет підключення

У цьому блоці визначаються константи, які вказують пінни ESP32(рис.3.19) для підключення датчиків температури, реле і кнопки. Також створюються об'єкти класів для роботи з датчиками, Wi-Fi, NTP-клієнтом, Telegram Bot API та OLED-дисплеєм.

```

10 #define OLED_ADDR 0x3C
11 #define OLED_SDA 4
12 #define OLED_SCL 15
13
14 #define ONE_WIRE_BUS 25
15 #define RELAY_PIN_1 18
16 #define RELAY_PIN_2 19
17 #define BUTTON_PIN 16
18
19 // Встановіть ваші дані Wi-Fi
20 const char* ssid = "YourWiFiSSID";
21 const char* password = "YourWiFiPassword";
22
23 // Встановіть токен бота Telegram
24 const char* telegramToken = "YourTelegramBotToken";
25
26 WiFiClientSecure client;
27 UniversalTelegramBot bot(telegramToken, client);
28 NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org");
29
30 Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, OLED_ADDR);
31
32 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
33 DallasTemperature sensors(&oneWire);
34

```

Рисунок 3.19 – Ініціалізація пінів та налаштування підключення

У цій функції ESP32 підключається до мережі Wi-Fi (рис.3.20) за допомогою вказаних SSID і пароля. Використовується цикл, щоб перевірити статус підключення.

```

42 // Підключення до Wi-Fi
43 WiFi.begin(ssid, password);
44 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
45     delay(1000);
46     Serial.println("Connecting to WiFi...");
47 }
48 Serial.println("Connected to WiFi");
49

```

Рисунок 3.20 – Функція підключення до мережі Wi-Fi

У цій функції ініціалізується OLED-дисплей (рис.3.21) і готується до відображення даних. Дисплей очищається і встановлюється колір тексту.

```

57
58 // Ініціалізація OLED-дисплея
59 Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
60 if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_ADDR)) {
61     Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
62     while (1);
63 }
64 display.clearDisplay();
65 display.setTextSize(1);
66 display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
67 display.setCursor(0, 0);
68 display.println("Initializing...");
69 display.display();
70

```

Рисунок 3.21 – Налаштування OLED-дисплею

У цій функції відбувається основна логіка програми. Вона оновлює час з NTP-сервера, отримує температури з датчиків, перевіряє стан кнопки, керує реле №1 (рис.3.22) залежно від значень температур та стану реле, вмикає та вимикає реле №2 залежно від значення температури в котельні. Також відображає дані на дисплеї.

```

--
81 void loop() {
82     timeClient.update();
83
84     if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
85         bot.loop();
86     }
87
88     // Оновлення стану реле залежно від датчиків температури
89     updateRelayState();
90
91     // Обробка команд від Telegram бота
92     handleTelegramCommands();
93
94     // Відображення даних на OLED-дисплеї
95     displayDataOnOLED();
96
97     // Керування реле №1 за допомогою кнопки №1
98     if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
99         delay(50); // Затримка для запобігання дрібним відскокам
100         if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
101             relay1State = !relay1State;
102             digitalWrite(RELAY_PIN_1, relay1State ? HIGH : LOW);
103             sendTelegramMessage("Кнопкою №1 було переключено реле №1");
104         }
105     }
106
107     delay(1000);
108 }
109

```

Рисунок 3.21 – Функція void loop

Після завершення розробки коду, та прошивки ESP32, треба перевірити чи вірно працює бот в Телеграмі (рис.3.22), для цього потрібно ввести одно із запрограмованих команд на контролері, та перевірити правильність дії.



Рисунок 3.22 – Перевірка роботи бота

Якщо після команди відправленої боту на включення, реле дійсно перемкнеться в положення «Ввімкнено», а в боті ви побачите повідомлення «RELAY turner on», то ваша система працює правильно.

Якщо у вас виникли проблеми при налаштуванні спробуйте перевірити наступні налаштування: Налаштування реагування на повідомлення: Перевірте, як ESP32 реагує на отримання повідомлень від користувачів. Відправте тестове повідомлення до вашого бота і переконайтеся, що ESP32 отримує його та обробляє. Перевірка з'єднання з Інтернетом: Переконайтеся, що ESP32 має

налагоджене підключення до Інтернету, оскільки бот буде використовувати Інтернет для комунікації з Telegram Bot API.

### **Висновки до розділу 3**

1. Автоматизація котельні приватного будинку є однією з ключових інноваційних технологій, яка дозволяє забезпечити ефективне та зручне управління системою опалення. Було обрано контролер ESP32. Основною перевагою був вбудований WIFI-модуль та багато пінів для підключення різноманітних виконавчих приладів та датчиків. Контролер ESP32 є потужним мікроконтролером, який базується на системі на кристалі (SoC) і розроблений компанією Espressif Systems і має багато передових функцій та технічних характеристик. Були обрані датчики температури типу DS18B20, що базуються на протоколі однодротового інтерфейсу 1-Wire, забезпечуючи точне вимірювання температури з високою роздільною здатністю та широким діапазоном робочих температур. Для керування котлом та калорифером було обрано твердотільні реле FORTEK 40A. Для виведення поточної інформації про температуру та стан реле було обрано дисплей OLED 128X64 I2C.

2. Розроблено макет готового пристрою для керування системою опалення. (спочатку було створено схему пристрою в програмі Fritzing).

3. Для розробки програмного забезпечення для контролера використано середу програмування Visual Studio Code.

4. Для взаємодії соціальної мережі «Телеграм» з контролером ESP-32 створено чат-бот, який буде відправляти команди та отримувати відповіді від ESP-32.

5. Розроблена автоматизована система енергоефективного розумного будинку на основі контролера ESP32 є перспективним напрямком в галузі

домашньої автоматизації. Застосування такої системи дозволяє знизити споживання електроенергії, використовуючи розумне управління опаленням та іншими пристроями в будинку. Це сприяє зменшенню енергетичних витрат і збереженню ресурсів. Розумний будинок на основі ESP32 може забезпечувати автоматичне управління освітленням, температурою, безпекою та іншими системами. Користувачі можуть віддалено керувати всіма пристроями через мобільний додаток Телеграм або веб-інтерфейс, що забезпечує зручність і комфорт.

6. Загалом, розробка конструкції автоматизованої системи енергоефективного розумного будинку на основі контролера ESP32 має безліч переваг, таких як енергоефективність, комфорт і зручність, гнучкість і розширюваність, а також вартісна ефективність. Ця система може забезпечити ефективне управління будинком, зменшити споживання електроенергії та покращити якість життя користувачів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Об'єктом автоматизації є заміський приватний будинок з наступними параметрами :

- трьох-фазне підключення до електромережі ;
- опалення будівлі за допомогою власного котла;
- центральне водопостачання ;
- швидкісний оптичний інтернет ;
- загальна площа приміщення 137 м<sup>2</sup> .

2. Розроблено функціональну схему автоматизації «розумного будинку» Основною метою цієї схеми є визначення функцій, що будуть автоматизовані, алгоритмів та зв'язків між ними.

3. Запропоновано розробку алгоритмів та сценаріїв системи розумного опалення:

- сценарій ранкового прогріву приміщень (автоматичне підвищення температури перед пробудженням);
- сценарій відсутності мешканців та сценарій «повернення додому»;
- індивідуальні налаштування системи опалення.

4. Запропоновано реалізацію системи розумного опалення на компонентах «Connect Home» (датчик температури та вологості CH-STH) із застосуванням бездротового радіаторного термостату Tervix Pro.

5. Запропонована автоматична система анти протікання (кран з електроприводом CH-601 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>, датчик проти протікань води FloodSensor Z-Wave FGFS-101) інтегрована у розумний будинок дозволить вчасно виявляти та реагувати на потенційні протікання, забезпечуючи надійний захист та запобігання затопленням.



6. Запропоновано налаштування системи Connect Home за допомогою програми «Butler Detector» та підключення до неї Z-Wave пристроїв.

7. Розроблена автоматизована система енергоефективного розумного будинку на основі контролера ESP32 є перспективним напрямком в галузі домашньої автоматизації. Застосування такої системи дозволяє знизити споживання електроенергії, використовуючи розумне управління опаленням та іншими пристроями в будинку. Це сприяє зменшенню енергетичних витрат і збереженню ресурсів. Розумний будинок на основі ESP32 може забезпечувати автоматичне управління освітленням, температурою, безпекою та іншими системами. Користувачі можуть віддалено керувати всіма пристроями через мобільний додаток Телеграм або веб-інтерфейс, що забезпечує зручність і комфорт.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Історія розумного будинку-з чого все починалося? [Електронний ресурс] – URL: <https://www.smarthouse.ua/ua/istoriya-umnogo-doma-s-chego-vse-nachinalos.html>.
2. Розумний будинок. [Електронний ресурс] – URL: [http://stem.tnpu.edu.ua/assets/files/proekti\\_rozumnij.pdf](http://stem.tnpu.edu.ua/assets/files/proekti_rozumnij.pdf)
3. Curious about smart home devices? Start here. [Електронний ресурс] – URL: [https://store.google.com/us/product/google\\_home?hl=en-US](https://store.google.com/us/product/google_home?hl=en-US)
4. Empowering the smart home. [Електронний ресурс] – URL: <https://www.openhab.org/>
5. INNOVATIVE HOME AUTOMATION. [Електронний ресурс] – URL: <https://www.jeedom.com/site/en/index.html>
6. Hoan-Suk Choi, Jun-Young Lee, Na-Ri Yang, Woo-Seop Rhee, “User-centric Service Environment for Context Aware Service Mash-up” // 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT) [Електронний ресурс] – URL: [https://www.researchgate.net/profile/Hoan\\_Suk\\_Choi/publication/269309102\\_User-centric\\_service\\_environment\\_for\\_context\\_aware\\_service\\_mash-up/links/5718ed4208ae986](https://www.researchgate.net/profile/Hoan_Suk_Choi/publication/269309102_User-centric_service_environment_for_context_aware_service_mash-up/links/5718ed4208ae986)
7. Leandro Marin, Marcin Piotr Pawlowski, and Antonio Jaram “Optimized ECC Implementation for Secure Communication between Heterogeneous IoT Devices” //Sensors 2015 [Електронний ресурс] – URL: <http://www.mdpi.com/1424-8220/15/9/21478/htm>
8. Алійник Ю. В., Скідан В.В. Методи підвищення ефективності системи автоматизованого керування клімат-контролю. VI Міжнародна науково-практична конференція «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг» 24

листопада 2022р, КНУТД. – С.147-148.

[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/20948/1/MSIE\\_2022\\_P141-142.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/20948/1/MSIE_2022_P141-142.pdf)

9. V.V. Skidan, T.I. Demkivska Specification of requirements for the development product. VI International Scientific and Practical Conference "Mechatronic systems: innovations and engineering" November 24, 2022, KNUTD. – P.143-144.

<https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/23155/1/C%0d%ba%0d%96%0d%b4%0d%b0%0d%bd.pdf>

10. Цмоць І. Г., Карпінець Р. М., Сидоренко Р. В. Структури та алгоритми роботи підсистем управління мікрокліматом і освітленням розумного будинку. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 1. С. 108-111.

<https://doi.org/10.15421/40280122>

11. Хмельницький Д. О. Системи кондиціювання повітря офісних приміщень з нечітким управлінням / Д. О. Хмельницький, В. Б. Дроменко. // Технології та дизайн. – 2017. – № 1. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2017\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_1_9).

12. Рудава А. А. Моделювання системи управління параметрами мікроклімату з нечітким регулюванням / А. А. Рудава, В. Б. Дроменко. // Технології та дизайн. – 2017. – № 2. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2017\\_2\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_2_16).

13. Левченко Ю. М. Розробка системи контролю та моніторингу вологості і температури приміщення / Ю. М. Левченко, Л. П. Голубєв, Ю. М. Пилипенко, В. Б. Дроменко // Технології та дизайн. – 2017. – № 4. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2017\\_4\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_16).

14. Ришкова К.О, Лобода В.С. Мікроконтролерні модулі як складові Web систем / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції студентів та молодих вчених «Фізика, електроніка, електротехніка ФЕЕ-2020». – Суми: СумДУ, 2020. – С.85.

15. Fritzing: програмне забезпечення для виробників та електроніки (і альтернативи). [Електронний ресурс] – URL: <https://www.hwlibre.com/uk/%D1%84%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/>
16. Знайомство з Visual Studio Code [Електронний ресурс] – URL: <https://romul.name/blog/znayomstvo-z-visual-studio-code/>
17. Бойко А. М. Моделювання автоматизованої системи оперативного управління параметрами "розумного будинку" в середовищі PROTEUS / А. М. Бойко, В. Б. Дроменко. // Технології та дизайн. – 2020. – № 2. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2020\\_2\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2020_2_16)
18. Рад Б. Я. Архітектура інформаційних систем / Б. Я. Рад, А. І. Водяхо, В. А. Дубенецький, В. В. Цехановській. – М.: Академія, 2012. 220с
19. Рой філдінг Архітектурні стилі та дизайн мережевих архітектур програмного забезпечення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>.
20. Харченко О. Г. Експерта система проектування архітектури програмного забезпечення / О. Г. Харченко, І. О. Боднарчук, В. В. Яцишин // Комп'ютерні технології друкарства. – № 29. – 2013. – с. 10-26.
21. Літературно письмовий твір наукового характеру з ілюстрацією «Алгоритм визначення шуканої величини і параметрів нестабільної лінійної функції перетворення сенсора» : а.с. / Г.О. Корогод, А.П. Волівач, Н.В. Чупринка - № 110120; дата реєстрації 13.12.2021 р.
22. Літературно письмовий твір наукового характеру з ілюстрацією «Алгоритм високоточного визначення фізичної величини і параметрів нестабільної квадратичної функції перетворення сенсора» : а.с. / Г.О. Корогод, А.П. Волівач, Н.В. Чупринка - № 110219; дата реєстрації 13.12.2021 р.

23. Комп'ютерна програма «Визначення шуканої фізичної величини і контроль параметрів нестабільної лінійної функції перетворення сенсора», скорочена назва «Визначення значення фізичної величини і контроль параметрів ЛФП» : а.с. / Г.О. Корогод, А.П. Волівач. – № 110530; дата реєстрації 23.12.2021 р.
24. Комп'ютерна програма «Визначення значення шуканої фізичної величини і параметрів нестабільної квадратичної функції перетворення сенсора», скорочена назва «Визначення значення фізичної величини і параметрів квадратичної ФП» : а.с. / Г.О. Корогод, А.П. Волівач – № 110529; дата реєстрації 23.12.2021 р.
25. Контролер ESP-32 WiFi+Bluetooth (ESP-32). [Електронний ресурс] – URL: <https://diyshop.com.ua/ua/kontroller-esp-32-wifiblueetooth>

## ДОДАТОК А

### Лістинг програмного забезпечення

```
#include <WiFi.h>
#include <NTPClient.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>

#define OLED_ADDR 0x3C
#define OLED_SDA 4
#define OLED_SCL 15

#define ONE_WIRE_BUS 25
#define RELAY_PIN_1 18
#define RELAY_PIN_2 19
#define BUTTON_PIN 16

// Встановіть ваші дані Wi-Fi
const char* ssid = "YourWiFiSSID";
const char* password = "YourWiFiPassword";

// Встановіть токен бота Telegram
const char* telegramToken = "YourTelegramBotToken";

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(telegramToken, client);
NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org");

Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, OLED_ADDR);

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

bool relay1State = false;
bool relay2State = false;
bool nightMode = false;
```

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Підключення до Wi-Fi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }
  Serial.println("Connected to WiFi");

  // Налаштування NTP-клієнта
  timeClient.begin();
  timeClient.setTimeOffset(10800); // GMT+3

  // Підключення до Telegram
  client.setInsecure();
  Serial.println("Telegram Bot connected");

  // Ініціалізація OLED-дисплея
  Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_ADDR)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    while (1);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setCursor(0, 0);
  display.println("Initializing...");
  display.display();

  // Налаштування пінів
  pinMode(RELAY_PIN_1, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN_2, OUTPUT);
  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);

  // Встановлення початкового стану реле
  digitalWrite(RELAY_PIN_1, LOW);
```

```
digitalWrite(RELAY_PIN_2, LOW);
}

void loop() {
  timeClient.update();

  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    bot.loop();
  }

  // Оновлення стану реле залежно від датчиків температури
  updateRelayState();

  // Обробка команд від Telegram бота
  handleTelegramCommands();

  // Відображення даних на OLED-дисплеї
  displayDataOnOLED();

  // Керування реле №1 за допомогою кнопки №1
  if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
    delay(50); // Затримка для запобігання дрібним відскокам
    if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
      relay1State = !relay1State;
      digitalWrite(RELAY_PIN_1, relay1State ? HIGH : LOW);
      sendTelegramMessage("Кнопкою №1 було переключено реле №1");
    }
  }

  delay(1000);
}

void updateRelayState() {
  sensors.requestTemperatures();

  float waterTemp = sensors.getTempCByIndex(0);
  float streetTemp = sensors.getTempCByIndex(1);
  float roomTemp = sensors.getTempCByIndex(2);

  if (!nightMode) {
```



```

// Управління реле №1 за допомогою датчика температури води
if (waterTemp < 40 && waterTemp >= -55 && !relay1State) {
    relay1State = true;
    digitalWrite(RELAY_PIN_1, HIGH);
    sendTelegramMessage("Реле №1 увімкнулося, температура води: " +
String(waterTemp) + " °C");
}
else if (waterTemp >= 80 && relay1State) {
    relay1State = false;
    digitalWrite(RELAY_PIN_1, LOW);
    sendTelegramMessage("Реле №1 вимкнулося, температура води: " +
String(waterTemp) + " °C");
}
}

// Принудительне управління реле №1 за допомогою датчика температури на
вулиці
if (streetTemp < -15 && streetTemp >= -55 && !relay1State) {
    relay1State = true;
    digitalWrite(RELAY_PIN_1, HIGH);
    sendTelegramMessage("Реле №1 увімкнулося (вулиця), температура: " +
String(streetTemp) + " °C");
}
else if (streetTemp > 15 && relay1State) {
    relay1State = false;
    digitalWrite(RELAY_PIN_1, LOW);
    sendTelegramMessage("Реле №1 вимкнулося (вулиця), температура: " +
String(streetTemp) + " °C");
}

// Управління реле №2 за допомогою датчика температури в котельні
if (roomTemp < 2 && roomTemp >= -55 && !relay2State) {
    relay2State = true;
    digitalWrite(RELAY_PIN_2, HIGH);
    sendTelegramMessage("Реле №2 увімкнулося, температура в котельні: " +
String(roomTemp) + " °C");
}
else if (roomTemp >= 15 && relay2State) {
    relay2State = false;
    digitalWrite(RELAY_PIN_2, LOW);
}

```

```

    sendTelegramMessage("Реле №2 вимкнулося, температура в котельні: " +
String(roomTemp) + " °C");
}
}

```

```

void handleTelegramCommands() {
    if (bot.messageAvailable()) {
        String chatId = String(bot.chatId());

        // Отримання тексту повідомлення
        String text = bot.lastMessage();

        // Обробка команди включення/виключення реле №1
        if (text == "On kotel") {
            relay1State = true;
            digitalWrite(RELAY_PIN_1, HIGH);
            sendTelegramMessage("Реле №1 увімкнулося");
        } else if (text == "Off kotel") {
            relay1State = false;
            digitalWrite(RELAY_PIN_1, LOW);
            sendTelegramMessage("Реле №1 вимкнулося");
        }

        // Обробка команди включення/виключення реле №2
        else if (text == "On heater") {
            relay2State = true;
            digitalWrite(RELAY_PIN_2, HIGH);
            sendTelegramMessage("Реле №2 увімкнулося");
        } else if (text == "Off heater") {
            relay2State = false;
            digitalWrite(RELAY_PIN_2, LOW);
            sendTelegramMessage("Реле №2 вимкнулося");
        }

        // Обробка команди отримання температури в котельні
        else if (text == "Temp room") {
            float roomTemp = sensors.getTempCByIndex(2);
            sendTelegramMessage("Температура в котельні: " + String(roomTemp) + "
°C");
        }
    }
}

```

```

// Обробка команди отримання температури води в бочці
else if (text == "Temp barrel") {
    float waterTemp = sensors.getTempCByIndex(0);
    sendTelegramMessage("Температура води в бочці: " + String(waterTemp) + "
°C");
}

// Обробка команди отримання температури на вулиці
else if (text == "Temp street") {
    float streetTemp = sensors.getTempCByIndex(1);
    sendTelegramMessage("Температура на вулиці: " + String(streetTemp) + "
°C");
}

// Обробка команди включення/виключення режиму нічного режиму
else if (text == "Night on") {
    nightMode = true;
    sendTelegramMessage("Нічний режим увімкнено");
} else if (text == "Night off") {
    nightMode = false;
    sendTelegramMessage("Нічний режим вимкнено");
}
}
}

void sendTelegramMessage(String message) {
    String chatId = String(bot.chatId());
    bot.sendMessage(chatId, message, "");
}

void displayDataOnOLED() {
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);

    // Вивід температури води в бочці
    float waterTemp = sensors.getTempCByIndex(0);
    display.print("Water: ");
    display.print(waterTemp);
    display.println(" C");
}

```

```
// Вивід температури на вулиці
float streetTemp = sensors.getTempCByIndex(1);
display.print("Street: ");
display.print(streetTemp);
display.println(" C");

// Вивід температури в котельні
float roomTemp = sensors.getTempCByIndex(2);
display.print("Room: ");
display.print(roomTemp);
display.println(" C");

// Вивід стану реле №1
display.print("Kotel: ");
display.println(relay1State ? "On" : "Off");

// Вивід стану реле №2
display.print("Heater: ");
display.println(relay2State ? "On" : "Off");

display.display();
}
```

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE**

**НАУКА, ОСВІТА, ТЕХНОЛОГІЇ І  
СУСПІЛЬСТВО В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ**

**SCIENCE, EDUCATION, TECHNOLOGY AND  
SOCIETY IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION**

**Збірник тез доповідей  
Book of abstracts**

**Частина 2  
Part 2**



**10 червня 2023 р.  
June 10, 2023**

**м. Біла Церква, Україна  
Bila Tserkva, Ukraine**



точність, влучність, повнота та міра F1 (рис. 5). Міра F1 більша за 0.95, що є дуже високим показником.

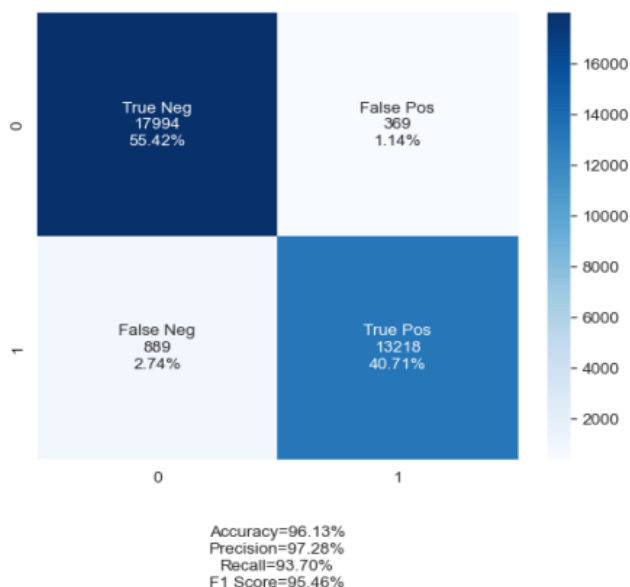


Рис. 5. Результати моделювання для Random Forest Classifier

Отримали наступні результати: модель KNN. показала точність 92.84%, що є досить високим показником, модель Logistic Regression – 87.23%, що все ще є непоганим показником, проте не таким високим для нашої задачі, модель Random Forest Classifier – 96.13%, що є дуже високим показником, тому ця модель є гарним та обґрунтованим вибором, адже все ще є прийнятною з точки зору складності та часу обчислень. Усі моделі мають більше хибних негативних класифікацій, ніж хибних позитивних, тому значення метрики влучності для них більша, ніж значення метрики повноти. Отже, для подальшого використання з метою класифікації пасажирів авіакомпанії обрано модель Random Forest Classifier через її високі показники усіх метрик, зокрема, метрики точності, що є особливо важливим для авіакомпанії, щоб робити правильні висновки на основі аналізу, та прийнятий час навчання.

#### Список літератури

1. Датасет «Airline Passenger Satisfaction» [сайт] URL: <https://www.kaggle.com>
2. Бібліотека Pandas. [Електронний ресурс] URL: <https://pandas.pydata.org/docs/>
3. GridSearchCV for Beginners. [Електронний ресурс] URL: <https://towardsdatascience.com/gridsearchcv-for-beginners-db48a90114ee>

UDC: 62-503.5

**Skidan V. V.**

PhD, Associate Professor

Head of the Department of Information and Computer technologies

Kyiv National University of Technologies and Design

**Saveliev D. G.**

student of the Department of Information and Computer technologies

Kyiv National University of Technologies and Design

#### SMART HOME: ANALYSIS OF LIGHTING CONTROL SYSTEM

A smart home is a complex of electronics that works inside or outside of the house and performs centralized control of all (or almost all) engineering systems. Engineering

systems refer to all technical equipment of the house (from plumbing to audio-video equipment). The idea of a smart home is that a single complex of electronics synchronously manages the work of all engineering equipment of the house [1-2].

A smart home has a number of advantages: it allows saving up to 20-35% of electricity, increasing comfort and safety, and so on [3-5].

Let's consider the lighting control node of a suburban private house, which should:

- Control the operation of functional elements;
- Turn on and off lighting devices using sensors or user commands;
- Provide notification of emergency situations.

Lighting automation is carried out taking into account the implementation of the following scenarios:

1. Turning on and off the light by motion sensor. Since the system is equipped with motion sensors, it is possible to automatically turn on the lighting when motion is detected, and turn it off where no motion is observed. The joint operation of motion sensors with light sensors will allow turning on the light only when there is insufficient natural light (the parameter is set).

The system is configured in such a way that the lights in the room continue to stay on if the object is in a stationary state. This can be achieved in the following ways:

- turning off the lights after they are turned on by the automation;
- turning off the lights after they are turned on by the automation, in case the switch has been manually pressed, meaning the system has been notified that the lights will be turned off manually, otherwise the lights will turn off automatically;
- automatically turning off the lights after the object moves to the next room.

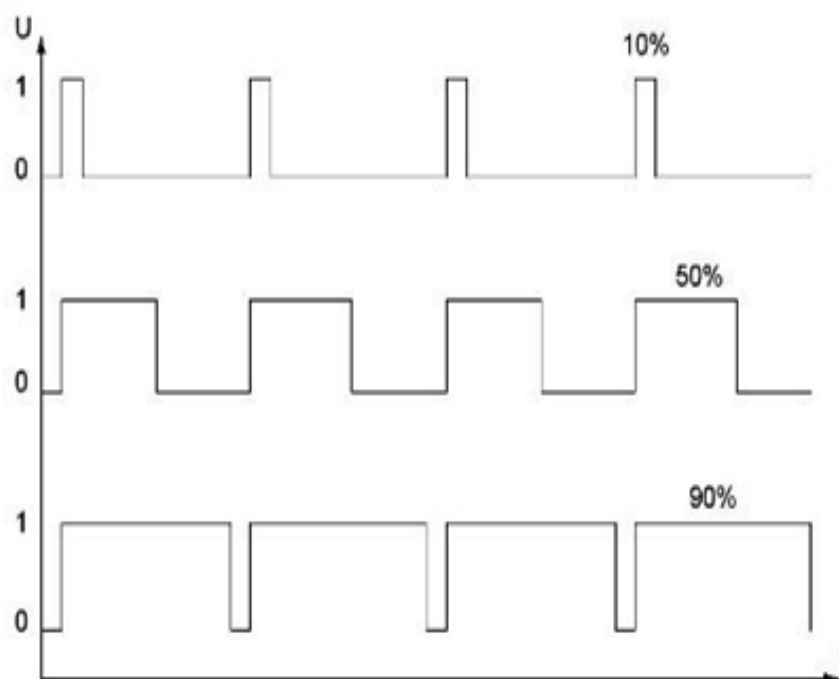
2. In the house, one of three lighting control modes can be implemented using a motion sensor, as well as all three modes simultaneously. Lighting can be turned on and off by time, date, and day of the week. For example, every day from 10:00 p.m. to 6:00 a.m., the night mode scenario is activated: stair lighting is turned on when motion is detected, as well as other night lights and switch illumination. The lights in the rooms are not turned on automatically.

3. Operation modes it is possible to create operation modes for the system in case any functions require a special environment for activation, for example:

- Automatic mode – fully automatic turning on of lights;
- Manual mode – complete deactivation of automation, turning on and off of lights is strictly done through button panels or switches;
- Semi-automatic mode – automation that is manually configured in each room.

In Figure 1, diagrams of signals at the output of the Pulse Width Modulation (PWM) control device are shown. Zero and one denote logical levels: a logical one (high level) causes the LED to light up, while a logical zero (low level) corresponds to turning off the LED.

It should be noted that the pulse period (or frequency) remains unchanged. In general, the frequency of the pulses does not affect the brightness of the light, so there are no special requirements for frequency stability. Only the duration (width) of the positive pulse changes, which is how the entire pulse width modulation mechanism works.



**Image 1. Principle of PWM regulation**

The controller uses a light sensor to determine the overall level of illumination in the room and generates the necessary PWM signal to maintain the desired brightness. PWM modulation is used in LED brightness control systems. Due to their low inertia, LEDs can blink at a frequency of only a few tens of kilohertz. LED operation in pulse mode is perceived as light by the human eye. The brightness of the LED depends on the duration of the pulse within one period.

#### **Literature**

1. Chan M., Esteve D., Escriba C., Campo E. A review of smart homes – Present state and future challenges, *Computer Methods and Programs in Biomediscine.* – Vol. 91 (2008). – Pp. 55-81.
2. Helal S., Mann W., El-Zabadani H., King J., Kaddoura Y., Jansen E. The gator tech smart house: a programmable pervasive space, *Computer.* – Vol. 38 (2005), No. 3. – Pp. 50-60.
3. Jiang L., Liu D.Y., Yang B. Smart home research, *Proceedings of the 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Shanghai, China, August.* – Vol. 2 (2004) . – Pp. 659-663.
4. Sydor A.R. Recurrent expressions for valuing reliability indicators of complicated electromagnetic systems / *Proceedings of XIX th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED-2014), Tbilisi, Georgia, September 22-25, 2014.* – Pp. 148-150.
5. Teslyuk V.M., Beregovskiy V.V., Pukach A.I. Development of smart house system model based on colored Petri nets, *Proc. of the XVIII-th International Seminar / Workshop On Direct And Inverse Problems Of Electromagnetic And Acoustic Wave Theory (DIPED – 2013), Lviv, Ukraine, 2013.* – Pp. 205-208.





CENTER FOR FINANCIAL-ECONOMIC RESEARCH  
ЦЕНТР ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

## CERTIFICATE OF PARTICIPATION СЕРТИФІКАТ УЧАСНИКА

№ 10-06-23-39

підтверджує, що

**Савельєв Дмитро Григорович**  
взяв участь у роботі Міжнародної науково-  
практичної конференції  
«Наука, освіта, технології і суспільство  
в умовах глобалізації»

**International scientific-practical conference**  
«Science, education, technology and society  
in the context of globalization»

**Загальна кількість академічних годин: 6 год**  
**(0,2 кредита ECTS)**

Директор Центру фінансово-економічних  
наукових досліджень



Шербак В. Д.

10 червня 2023 р.  
June 10, 2023

м. Біла Церква, Україна  
Bila Tserkva, Ukraine