

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи контролю температури в приміщенні з урахуванням параметрів зовнішнього середовища

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи СІМ-62

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Куплений О.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Тиш Є.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Купленному Олександр Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи контролю температури в приміщенні з урахуванням параметрів зовнішнього середовища

Керівник роботи Тиш Євгенія Володимирівна к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» грудня 2023 року № 4/7-1132

2. Термін подання студентом завершеної роботи 27. 12. 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи методи контролю температури повітря, наукові літературні джерела

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд існуючих систем контролю температурного режиму. Аналіз основних параметрів системи

2. Аналіз методів контролю за параметрами повітря. Вибір апаратного забезпечення і методів обміну даними.

3. Реалізація обраних методів у системі контролю параметрів повітря.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновок.

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Осухівська Г. М.</i>		
	<i>Стадник І. Я.</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз наукових робіт у сфері моніторингу і контролю температури повітря</i>		<i>Виконано</i>
2	<i>Формування актуальності роботи, наукової новизни</i>		<i>Виконано</i>
3	<i>Огляд і аналіз існуючих систем контролю температури повітря</i>		<i>Виконано</i>
4	<i>Обґрунтування ефективності обраного методу контролю за температурою</i>		<i>Виконано</i>
5	<i>Вибір програмного і апаратного забезпечення</i>		<i>Виконано</i>
6	<i>Розробка електричної принципової схеми пристрою</i>		<i>Виконано</i>
7	<i>Розробка алгоритму роботи системи</i>		<i>Виконано</i>
8	<i>Написання програмного забезпечення для системи контролю температури повітря</i>		<i>Виконано</i>
9	<i>Тестування роботи системи</i>		<i>Виконано</i>
10	<i>Написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>		<i>Виконано</i>
11	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>		<i>Виконано</i>
12	<i>Оформлення графічного матеріалу</i>		<i>Виконано</i>
13	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>		<i>Виконано</i>
14	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>		

Студент _____
(підпис)

Купленний О. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Методи контролю температури в приміщенні з урахуванням параметрів зовнішнього середовища // Кваліфікаційна робота магістра // Куплений Олександр Дмитрович // ТНТУ, комп'ютерна інженерія, група Сім-62 // Тернопіль, 2023 // С. 72, рис. – 49, табл. – 12, листи А1 –8, додат. – 2, бібліогр. – 22.

Ключові слова: температура, погодозалежне керування, система опалення, мікроконтролер, STM32, MQTT.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютерної системи керування температурою приміщення з урахуванням параметрів зовнішнього середовища. Розглянуто актуальність розробки нових більш ефективних систем контролю температури. Розглянуто існуючі пристрої, що виконують аналогічні функції та проаналізовано основні параметри, які потрібно врахувати при розробці системи. Виконано порівняння погодозалежного і класичного методів контролю температури, розроблено математичне забезпечення для погодозалежного методу. Обрано апаратне забезпечення, що підходить для реалізації методу контролю температури. Розглянуто і обрано методи обміну інформацією всередині системи і з користувачем. Виконано опис схем пристрою і алгоритму роботи системи. Наведено основні фрагменти програмного коду. Виконано тестування роботи системи шляхом порівняння значень розрахованих системою з еталонними.

ANNOTATION

Methods for temperature control in indoor spaces taking into account external environmental parameters // Master's graduation thesis // Kuplennyi Oleksandr // TNTU, computer engineering, group CIm-62 // Ternopil, 2023 // p. 72 , fig. – 49, tabl. - 12, sheets A1 – 8, addit. - 2, bibliography – 22.

Keywords: temperature, weather-dependent control, heating system, microcontroller, STM32, MQTT.

The qualification work is devoted to the development of a computer system for temperature control in indoor spaces taking into account external environmental parameters. The relevance of developing new, more efficient temperature control systems is considered. Existing devices that perform similar functions are considered and the main parameters that need to be taken into account when developing the system are analyzed. A comparison of weather-dependent and classical methods of temperature control was made, and mathematical support for the weather-dependent method was developed. The hardware suitable for the implementation of the temperature control method is selected. Methods of information exchange within the system and with the user were considered and selected. A description of the device schemes and the system operation algorithm has been completed. The main fragments of the program code are given. Testing of the system was performed by comparing the values calculated by the system with reference values.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ.....	10
1.1.Актуальність систем автоматизованого контролю за температурою приміщення	10
1.2.Огляд існуючих систем контролю за температурою повітря.....	12
1.3.Аналіз основних параметрів системи.....	15
1.4.Висновки до розділу 1.....	19
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ПОВІТРЯ. ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І МЕТОДІВ ОБМІЄУ ДАНИМИ	20
2.1. Обґрунтування обраного методу контролю за температурою повітря	20
2.2. Вибір і обґрунтування апаратного забезпечення	23
2.3. Опис обраних методів обміну інформацією.....	31
2.4. Висновки до розділу 2.....	37
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ У СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ	38
3.1. Розробка алгоритму роботи комп'ютерної системи.....	38
3.2. Вибір програмного забезпечення для написання коду роботи системи.....	42
3.3. Програмна реалізація алгоритму на мікроконтролері STM	43
3.4. Програмна реалізація алгоритму на платі ESP 8266	52
3.4. Аналіз результатів застосування обраних методів	55
3.5. Висновки до розділу 3.....	56
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ... 57	57
4.1. Охорона праці	57
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	59
4.2.1. Вплив виробничого середовища на працездатність та здоров'я користувачів комп'ютерів.	59

4.2.2. ЕМІ-обстановка та її вплив на стійкість автоматизованих комп'ютерних систем в умовах не воєнного часу.	61
4.3. Висновки до розділу 4.....	62
ВИСНОВОК.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
Додаток А Тези конференцій	67
Додаток Б Перелік елементів.....	72

ВСТУП

Актуальність теми. Відслідковування і контроль за температурним режимом приміщення є надзвичайно важливим. Підтримка достатнього рівня температури є необхідною для забезпечення здоров'я людини, особливо це стосується зимового періоду. Процес контролю температури напряму пов'язаний із процесом опалення, який є дуже енергозатратним.

Використання методу контролю за температурою відносно параметрів зовнішнього середовища робить процес опалення більш ефективним і економним, оскільки зменшуються витрати на додаткове підігрівання приміщення і зростає точність вимірів.

Технології інтернету речей дають можливість зробити процес контролю за температурою максимально автоматизованим і водночас простим для кінцевого користувача. Використання різних спеціалізованих датчиків дозволяє зібрати максимально повну інформацію. Мікроконтролери та мікропроцесори можуть швидко її обробити, зробити правильні висновки і внести зміни у роботу системи. Взаємодія системи з користувачем за допомогою бездротового зв'язку робить її зручною і гнучкою у використанні.

Мета і задачі дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи контролю і підтримки температури повітря з урахуванням параметрів зовнішнього середовища. Для досягнення визначеної мети потрібно виконати такі завдання:

- здійснити огляд існуючих систем контролю температури повітря, виділити їхні переваги і недоліки;
- проаналізувати методи контролю температури повітря і обрати оптимальний, розробити математичну модель реагування системи на зміни параметрів зовнішнього середовища;
- обрати апаратне забезпечення для реалізації системи;
- розробити схеми системи контролю температури повітря;
- розробити програмне забезпечення для розробленої системи.

Об'єкт дослідження. Процес контролю параметрів повітря у приміщенні.

Предмет дослідження. Методи контролю температури повітря з урахуванням параметрів зовнішнього середовища.

Наукова новизна. Наукова новизна результатів дослідження полягає у наступному:

- вперше запропоновано метод контролю температури повітря у приміщенні, який базується на зміні параметрів навколишнього середовища, що дало змогу розробити комп'ютеризовану систему керування опаленням з більш економічними характеристиками;

- уперше запропоновано використання погодозалежного методу керування для терморегуляторів побутових систем опалення, що зробило вимірювання температури точнішим, а процес забезпечення температурного режиму стабільнішим і ефективнішими .

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено математичну модель залежності температури приміщення від температури на вулиці. Виконано проектування системи для роботи із розробленою математичною моделлю. Написане програмне забезпечення для спроектованої системи. Розроблена система може використовуватись для автоматизації існуючих систем опалення, для підвищення ефективності їх роботи.

Публікації. Результати дослідження апробовано двома тезами на XII Міжнародній науково – технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій».

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків по роботі і переліку використаної літератури. Кваліфікаційна робота містить 72 сторінок, з них 63 сторінок основного тексту, 49 рисунків, 12 таблиць, 2 додатків і 22 найменувань переліку літератури.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ

1.1. Актуальність систем автоматизованого контролю за температурою приміщення

Забезпечення сталого температурного режиму приміщення є дуже важливим. Температура, як складова мікроклімату приміщення, має значний вплив на самопочуття і здоров'я людини. Разом з тим, підтримка сталого рівня температури є дуже затратною. Згідно із даними державної служби статистики України за 2020 рік (рис. 1.1), 53% енергії спожитої домогосподарствами припадає на опалення і майже 1% на охолодження житлових приміщень [17].

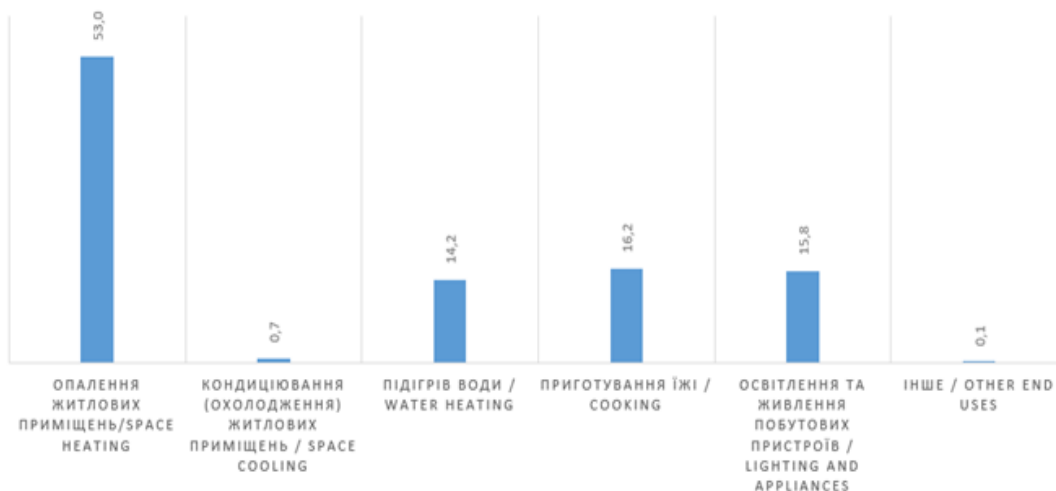


Рис. 1.1. Статистика споживання енергії домогосподарствами у 2020 році

На опалення припадає значна частина ресурсів використаних у державі, зокрема близько 60% газу і понад 90% твердого палива і біопалива (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Затрати ресурсів на опалення житлових приміщень

Враховуючи великі витрати ресурсів, теплоенергетика є однією із найбільш шкідливих галузей промисловості. На неї припадає близько чверті всіх шкідливих викидів у атмосферу (див. рис. 1.3).

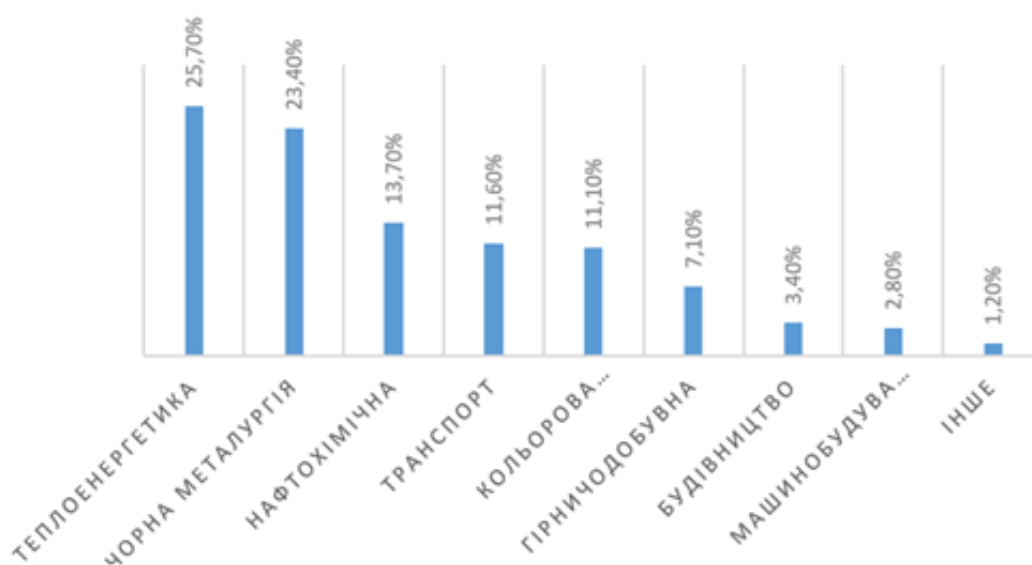


Рис. 1.3. Частка галузей промисловості у забрудненні атмосфери

Зважаючи на це, процес контролю температури, зокрема опалення, намагаються зробити максимально економним і ефективним.

Для контролю і встановлення температури використовують пристрій терморегулятор (ТР). Він може бути як частиною системи опалення, наприклад

електричного котла чи теплої підлоги, так і окремим пристроєм з можливістю підключення до окремого нагрівального елемента, наприклад електричного котла чи радіатора. Терморегулятор виконує такі основні функції:

- контроль температури нагріву приміщення;
- налаштування індивідуальної програми опалення;
- запобігання виникнення аварійних ситуацій.

Користувач задає у налаштування терморегулятора температуру повітря, яка повинна підтримуватись у приміщенні. Дальше пристрій періодично вимірює фактичну температуру повітря і порівнює її з заданою, якщо фактична температура є меншою за задану, то пристрій збільшує потужність системи опалення.

За своїм виконанням терморегулятори бувають електромеханічні і електронні.

Електромеханічні ТР використовують поворотну ручку для налаштування температури і керування нею. Також вони можуть бути оснащені кількома кнопками для вибору режиму і керування живленням.

Електронні ТР для відображення інформації використовують LCD дисплей. Вони є більш інтелектуальними і підтримують різні програми обігріву, налаштування часу ввімкнення/ вимкнення і т. д. Таким чином, цей вид терморегулятора є більш дорогим і водночас більш ефективними.

Спільним для обох типів є використання датчиків температури. Вони розміщуються по будинку в залежності від особливостей будови системи опалення, наприклад при використанні теплої підлоги датчик встановлюється на підлогу.

Терморегулятори дозволяють значно спростити і автоматизувати процес контролю за температурою, оскільки вони автоматично підтримують температуру на заданому користувачем рівні.

1.2. Огляд існуючих систем контролю за температурою повітря

4Heat WT-20 є прикладом електронного терморегулятора з керуванням по Wi-Fi. Пристрій є цілком самостійним і підключається до вже готової системи

опалення. Він може використовуватись із будь-якими газовими і електричними котлами.

Терморегулятор складається з двох функціональних частин: приймача (підключається до котла і здійснює зміни в роботі системи опалення) та контролера (займається контролем температури). Зв'язок між приймачем і контролером відбувається через Wi-Fi. Взаємодія з пристроєм, керування і налаштування здійснюється за допомогою сенсорної панелі або через мобільний додаток (див. рис. 1.3). Основні технічні параметри наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Параметри 4Heat WT-20

Параметр	Значення
Мінімальна температура регулювання	5 град.
Максимальна температура регулювання	35 град.
Тип монтажу	Накладний
Максимальна сила струму	10 А
Напруга мережі	220~240 В
Область застосування терморегулятора	Газові котли, Системи опалення, Електричні котли, Радіатори, Тепла підлога, Інфрачервоні обігрівачі, Кондиціонування приміщення, Газові конвектори
Керування	Wi-Fi, сенсорне, програмоване,



Рис. 1.4. Зовнішній вигляд пристрою

До переваг системи можна віднести те, що вона є накладною, тобто її можна підключити до будь – якої вже існуючої системи опалення. Ще однією перевагою є керування через Wi-Fi, що дозволяє змінювати параметри системи навіть не перебуваючи вдома.

Недоліком цієї системи є обмеженість вимірних параметрів. Терморегулятор враховує лише поточну температуру всередині приміщення і реагує на її зміни, при тому система не може працювати на випередження, наприклад збільшити температуру нагрівання в разі похолодання на вулиці і таким чином запобігти охолодженню приміщення.

Прикладом системи із вбудованим терморегулятором є настінний електрокотел Protherm Ray 12KE/14 (рис. 1.5). Він призначений для обігріву виробничих і офісних приміщень у зимовий період. Котел оснащений датчиком температури, він здійснює автоматичне регулювання потужності відповідно до вимірної температури і заданих параметрів, є можливість економного режиму роботи. Детальні параметри котла наведено у табл. 1.2 [18].

Таблиця 1.2

Параметри котла Protherm Ray 12KE/14

Параметр	Значення
Теплова потужність	12 кВт
Номинальний струм	20 А
Температури опалення	25 – 85 °С
Температура водопостачання	гарячого 35 – 70 °С
ККД	99 %
Додаткові функції	Можливість встановлення в каскад котлів Зручне під'єднання бойлера для приготування гарячої води Дистанційне керування електропостачанням від тарифного лічильника Функція вибігу насоса Функція захисту від зниження тиску в системі опалення



Рис. 1.5. Зовнішній вигляд котла із Protherm Ray 12KE/14

Взаємодія із користувачем виконується через дисплей, на який виводяться налаштовані параметри системи і коди помилок. З метою підвищення точності вимірювань, до котла можна підключити додаткові датчики температури.

До переваг системи можна віднести хорошу точність вимірювань і високий ККД.

Недоліком є відсутність віддаленого керування системою.

Розроблювана система повинна мати високу ефективність роботи, інтегруватись у вже існуючі системи опалення і мати можливість віддаленого керування і обміну інформацією з користувачем.

1.3. Аналіз основних параметрів системи

Ефективна робота системи контролю температури повітря напряму зв'язана із роботою системи опалення. Процес опалення будинку є досить складним, оскільки він залежить від багатьох чинників.

Опалення – це процес штучного обігріву приміщень. Його метою є створення і забезпечення в приміщенні відповідних теплових умов для людей,

технологічних процесів тощо. Існують такі види опалення: водяне, газове, електричне, парове, пічне, повітряне і комбіноване, панельне та його різновид – променисте опалення [11].

Системи контролю температурного режиму можуть працювати лише з опаленням де присутні електричні нагрівальні елементи, оскільки є можливість напряму регулювати потужність роботи. У всіх інших випадках системи можуть лише сигналізувати користувачу про зниження температури або необхідність збільшення потужності системи.

Електричні нагрівальні елементи використовуються у таких типах опалення:

- водяне опалення (лише якщо нагрів води здійснюється електричним теном) – носієм тепла є гаряча вода у радіаторах і трубах. Розрізняють такі види водяного опалення: центральне та місцеве, з природною циркуляцією води і з механічним спонуканням;

- електричне опалення – тепло генерується електричними конвекторами, електрокамінами та інших електричними приладами;

- панельне опалення (якщо нагрівання панелей виконується електричним елементом) – для нього використовують тепло нагрітих опалювальних поверхонь, які містять в собі нагрівальні елементи. Вони можуть бути розміщених у стінах, перегородках, іноді у підлозі. Різновидом панельного опалення є променисте опалення;

- повітряне опалення (якщо нагрівання повітря виконується електричним елементом) – приміщення опалюється повітрям, що подається від повітрянагрівника. Як правило використовують у промислових, сільськогосподарських і громадських будинках.

Розроблювана система розрахована для роботи перш за все із водяним опаленням (рис. 1.6), оскільки воно є одним із найпоширеніших і використовуються повсюди.

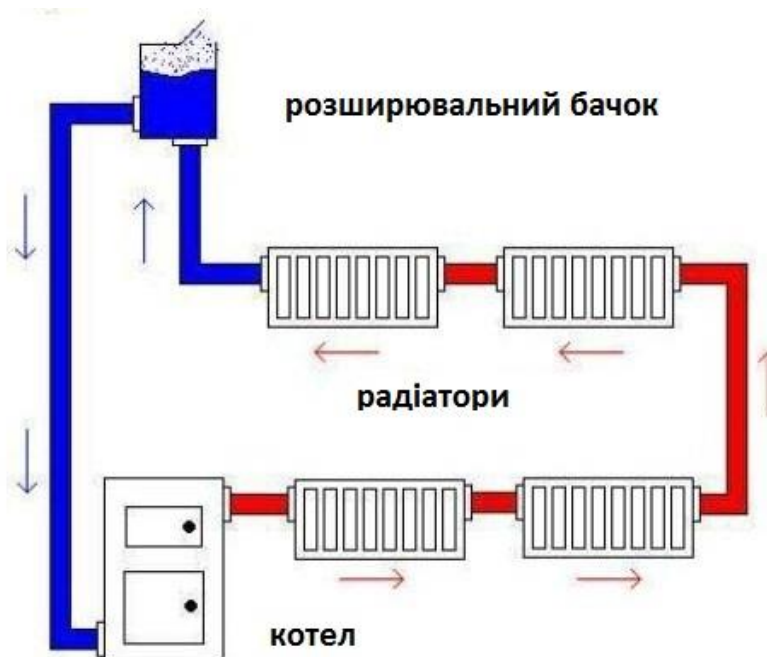


Рис. 1.6. Принцип роботи водяного опалення

Для розрахунку потужності водяного опалення важливими є наступні параметри:

- розрахункова температура повітря на вулиці. Це умовне значення, що використовується для розрахунку потужності системи опалення і виборі котла. Воно визначається, як середнє арифметичне із 5 найхолодніших ночей за останні 50 років;

- розрахункова температура води подачі. Це максимальна температура, до якої котел може нагріти воду. При розрахунку системи опалення котел підбирається таким чином, щоб при розрахунковій температурі повітря на вулиці, максимальної температури води в котлі вистачало для забезпечення заданої температури у приміщенні;

- розрахункова температура води повернення. Це температура води, яка повертається у котел після проходження системи опалення (труб і радіаторів). Чим менше значення цієї температури, тим більше теплоти забрали батареї від води і тим сильніше нагрілось приміщення.

Як правило, розрахункові температури води подачі і повернення є стандартними. Зустрічаються такі значення: 150/70, 105/70, 90/70, 80/60.

Температура у опалюваному приміщенні залежить від наступних параметрів:

- зовнішньої температури повітря – чим холодніше надворі, тим більше потрібно енергії;
- внутрішньої початкової температури повітря – чим вона нижча, тим більше енергії потрібно, щоб довести її до оптимальної;
- температури нагрівального елемента (радіатора чи акумулятора);
- матеріалів з яких виготовлено будинок і систему опалення, оскільки від фізичних параметрів теплоємності залежить наскільки добре матеріали поглинають і зберігають тепло.

Від матеріалів залежить не лише швидкість і сила нагрівання будинку, але і охолодження певних його елементів. Якщо взяти всю теплоту, що втрачає будинок, то близько 45% припадає на повітрообмін (витяжки провітрювання і т. д.), 50% - втрати через вікна і стіни, решта втрат припадає на дах і підлогу (рис. 1.7). З метою зменшення тепловтрат, при будівництві використовують спеціальні теплоізоляційні матеріали [8, 10].

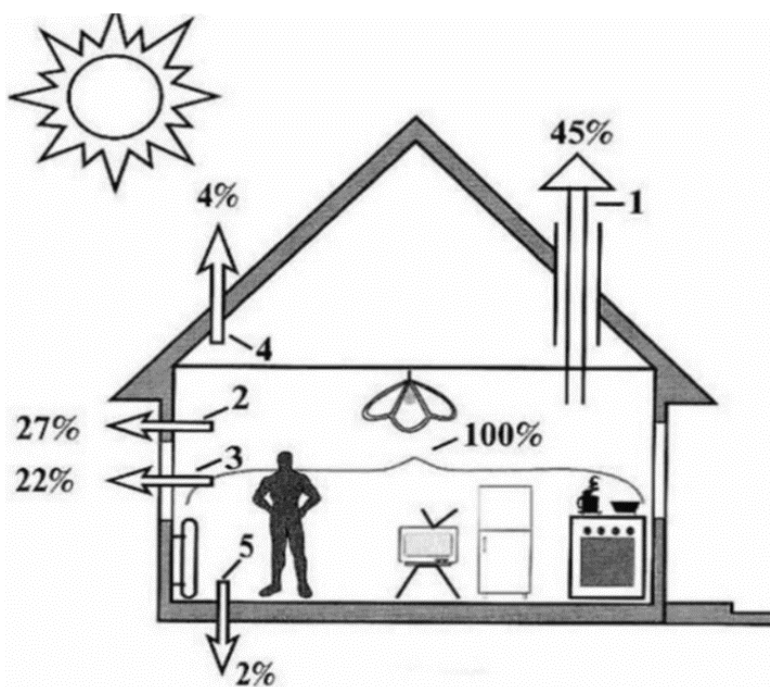


Рис. 1.7. Структура тепловтрат будинку в опалювальний період

Ще одним важливим фактором є теплоємність матеріалів – це відношення кількості теплоти, що поглинула або виділила речовина, до різниці температур, яка утворилась внаслідок цього процесу. Іншими словами теплоємність показує скільки треба затратити енергії, щоб змінити температуру певної кількості речовини. Теплоємність залежить від температури й агрегатного стану речовини, будови її молекул, а також від умов, за яких відбувається передача теплоти.

Таким чином, щоб система ефективно працювала потрібно, щоб вона враховувала всі наведені вище фактори і відповідно до них і бажаних параметрів температури налаштовувала процес опалення.

1.4. Висновки до розділу 1

Проведено аналіз актуальності систем контролю температури повітря, який показав необхідність створення більш ефективних систем з метою кращого використання і економії ресурсів необхідних для контролю температури повітря.

Проведено огляд існуючих систем контролю температури повітря, що показало основні тенденції розвитку сучасних систем: можливість інтеграції в існуючі системи опалення, можливість віддаленого керування.

Проведено огляд основних параметрів системи, що дало можливість визначити перелік параметрів, які необхідно врахувати при розробці математичної моделі.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ПОВІТРЯ. ВИБІР
АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І МЕТОДІВ ОБМІЄУ ДАНИМИ

2.1. Обґрунтування обраного методу контролю за температурою повітря

Більшість терморегуляторів реагують на зміну температури в середині приміщення і відповідно до цього вносять зміни у роботу системи опалення. Такий підхід допускає коливання температури у приміщенні і вимагає додаткових затрат енергії та часу.

Температура повітря в приміщенні є сталою за умови виконання рівняння теплового балансу:

$$Q^+ = Q^- \quad (2.1)$$

де Q^+ - це теплота яка надходить у приміщення від системи опалення. Терморегулятор працює з цим значенням збільшуючи або зменшуючи його;

Q^- - це теплота що виділяється приміщенням у навколишнє середовище, вона залежить від параметрів приміщення (площі зовнішніх стін, теплоізоляції і т. д.) і від погодних умов (температура повітря і вологість надворі).

Щоб нагріти приміщення потрібно, щоб кількість теплоти яка виділяється системою опалення була вищою ніж та, що виділяється назовні, див. формулу (2.2):

$$Q^+ > Q^- \quad (2.2)$$

Приміщення буде охолоджуватись за умови, коли у навколишнє середовище буде виділятись більше теплоти, ніж генерується системою опалення, див. формулу (2.3):

$$Q^+ < Q^- \quad (2.3)$$

Коли потужність системи опалення прив'язана до внутрішньої температури приміщення, то зміна Q^+ і Q^- відбувається наступним чином:

- в початковий момент часу у приміщенні стала температура, кількість теплоти нагрівання і охолодження рівні, див формулу (2.1);
- температура на вулиці знизилась, значить кількість теплоти що виділяється будинком збільшилась, див. формулу (2.3);
- температура в будинку опустилась на градус, терморегулятор відчув зміну і включив додатковий обігрів;
- у приміщенні знову стала температура див. формулу (2.1), але вона нижча за ту, що була на кроці 1. Потрібно нагріти приміщення, а для цього збільшити потужність системи опалення, див. формулу (2.2);
- приміщення нагрілось до потрібної температури, потужність системи опалення можна зменшити до стану рівноваги, див. формулу (2.1).

Коли контроль за температурою в приміщенні відбувається з прив'язкою до температури зовнішнього повітря, то процес реагування на зміни відбувається так:

- у приміщенні стала температура, кількість теплоти нагрівання і охолодження рівні, див формулу (2.1);
- температура на вулиці знизилась, значить кількість теплоти що виділяється будинком збільшилась, див. формулу (2.3);
- терморегулятор відреагував на зміну зовнішньої температури і збільшив потужність обігріву, див. формулу (2.1).

При регулюванні температури повітря в приміщенні на основі зовнішньої температури повітря відпадає необхідність повторно нагрівати приміщення, а це є значним фактором економії [20].

Фізична величина теплоємність показує скільки енергії потрібно затратити, щоб нагріти 1 кг речовини на 1°C . Для різних речовин цей показник відрізняється, у табл. 2.1 наведено значення теплоємності різних речовин і матеріалів.

Таблиця 2.1

Значення теплоємності речовин

Речовина	Значення $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Дерево (дуб)	2400
Цегла	880
Чавун	540
Сталь	500
Алюміній	920
Вода	4200
Повітря	1000

У середніх розмірів кімнаті, площею 10 м^2 і вистою стелі $3,2 \text{ м}$ знаходиться 32 м^3 повітря. Оскільки густина повітря становити $1,2 \text{ кг} / \text{м}^3$, то за формулою (2.4) у вказаному об'ємі буде $38,4 \text{ кг}$ повітря.

$$m = \rho V \quad (2.4)$$

де m – маса речовини;

ρ – густина речовини;

V – об'єм речовини.

Для його нагрівання потрібно затратити 38400 Дж енергії, що приблизно дорівнює $10,7 \text{ Вт-год}$. Тобто, щоб нагріти повітря у приміщенні, потрібно, щоб система опалення мала потужність вищу ніж необхідно для утримання сталої температури на $10,7 \text{ Вт}$ протягом години [14].

Модель контролю температури приміщення за зовнішніми параметрами, розроблена для використання у існуючих системах водяного опалення з використанням електричного котла [8, 13, 21]. Система бере вже існуючі параметри тепломережі і відповідно до них вираховує температуру теплоносія на вході у систему опалення за такою формулою:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{вр}} + 0,5(t_{\text{пр}} - t_{\text{зр}}) q + 0,5 (t_{\text{пр}} + t_{\text{зр}} - 2t_{\text{вр}}) q^{(1/(1+n))} \quad (2.5)$$

де t_n – температура води, яка подається з котла у систему опалення;

$t_{вр}$ – внутрішня розрахована температура - це бажана температура повітря у приміщенні, задається користувачем;

$t_{пр}$ – розрахункова температура подачі води - це максимальна температура на яку розрахована система, значення береться з документів тепломережі;

$t_{зр}$ – розрахункова температура води повернення - це значення температури води, яка приходить з мережі до котла після того, як віддала частину свого тепла радіаторам;

q – відносний тепловий потік системи;

n – показник нелінійності тепловіддачі. Він є індивідуальним для кожного конкретного приладу (радіатора опалення) і береться із документації.

Відносний тепловий потік q розраховуємо за формулою:

$$q = (t_{вр} - t_n) / (t_{вр} - t_{пр}) \quad (2.6)$$

де t_n – температура повітря на вулиці, береться поточна температура повітря, вимірюється давачем;

$t_{пр}$ – розрахункова температура повітря, величина що використовується при розробці системи опалення, береться із документації.

Для контролю за системою, також можна використовувати температуру води повернення, фактична виміряна повинна відповідати розрахованій, інакше можна вважати, що у системі є додаткові тепловтрати. Її можна розрахувати за формулою:

$$t_3 = t_{вр} - 0,5(t_{пр} - t_{зр}) q + 0,5 (t_{пр} + t_{зр} - 2t_{вр}) q^{(1/(1+n))} \quad (2.7)$$

де t_3 – розраховане значення температури води на вході у котел.

2.2. Вибір і обґрунтування апаратного забезпечення

Для вирішення поставленої задачі було обрано 32 – розрядний

мікроконтролер STM32 F103 C8T6. Він відзначається високою надійністю, ефективністю і продуктивністю роботи. При тому контролер є відносно недорогим (співставний за ціною із контролером Arduino). STM32 F103 C8T6 дозволяє швидко і ефективно виконувати складні розрахунки.

Однією з особливостей цього контролера є багатофункціональність виводів. Кожен вивід може виконувати кілька функцій, таким чином конфігурацію плати можна змінювати у залежності від вимог системи (рис. 2.1). Це дає можливість досягнути максимальної ефективності. У табл. 2.2 наведено параметри мікроконтролера [5].

Таблиця 2.2

Параметри STM32F103C8T6

Параметр	Значення
Ядро	ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU
Максимальна частота	72 MHz
Пам'ять	128 Кб флеш – пам'яті 20 Кб SRA
DMA	- 7-канальний DMA контролер; - підтримка периферії: таймери, АЦП, SPIs, I2Cs і USARTs.
Clock, скидання і керування підтримкою	- від 2.0 до 3.6 V живлення і I/Os - POR, PDR, і програмований детектор напруги (PVD) - від 4 до 16 МГц кварцовий генератор – Вбудований 8 МГц (заводське налаштування) RC - вбудований 40 КГц RC - PLL для CPU clock - 32 kHz oscillator for RTC with calibration
Підтримка до 9 комунікаційних інтерфейсів	- підтримка до 2 x I2C інтерфейсів (SMBus/PMBus) - підтримка до 3 USART (ISO 7816 інтерфейс, LIN, IrDA, керування модемом) - підтримка до 2 SPIs (18 Mbit/s) – CAN інтерфейс (2.0B Active) - USB 2.0 повно швидкісний інтерфейс

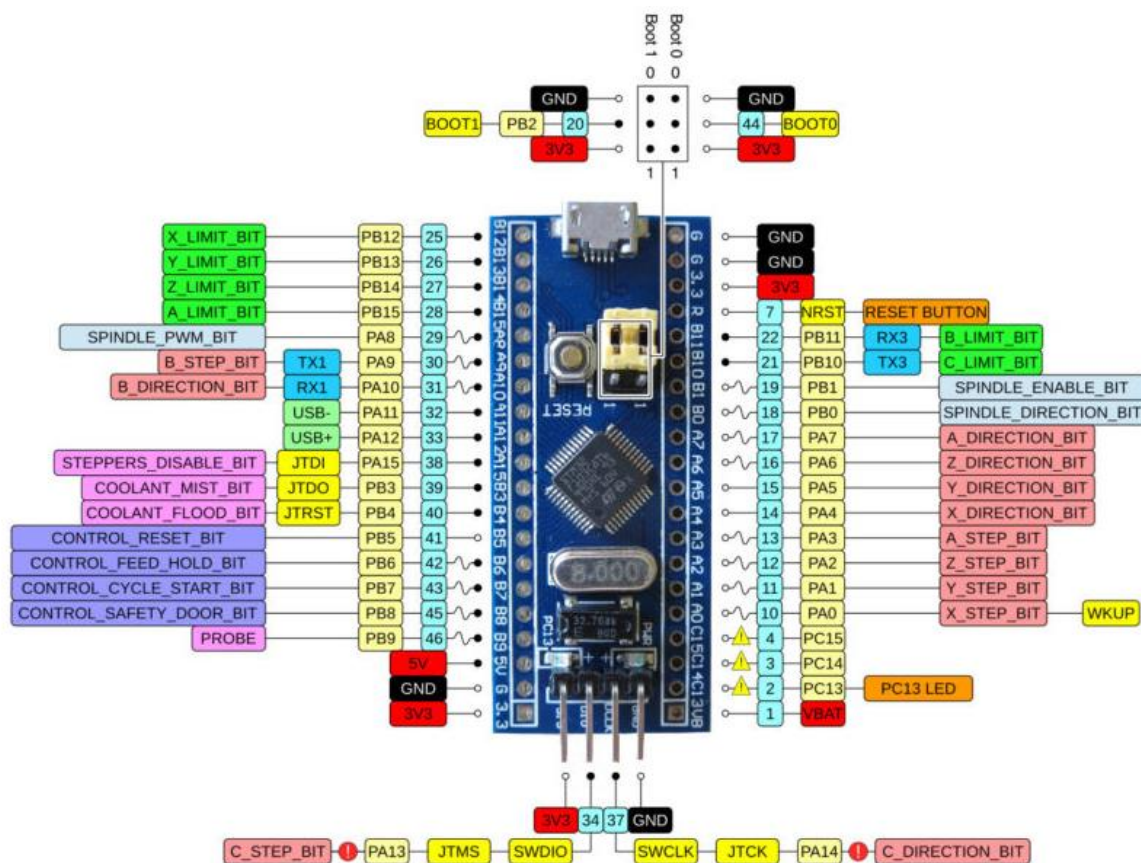


Рис. 2.1. Схема виводів STM32F103C8T6

Вимірювання температури повітря всередині будинку і зовні буде здійснюватися за допомогою набору датчиків SHT30. Вони пристосовані до роботи у низьких температурах і відзначаються своєю надійністю. У модуль вимірювання температури входить: схема обробки сигналу, блок калібрування АЦП і схема живлення. У табл. 2.3 наведено параметри датчика [3].

Таблиця 2.3.

Параметр датчика температури SHT30

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання температури	-40 до +120 °C
Точність діапазону температури (-40 – +90 °C)	+/- 0.3 °C
Напруга живлення	2.15 - 5.5 В
Тип інтерфейсу	I2C (Підтримує частоту до 1 МГц і використання 2 адрес)
Ел. потужність споживання	мінімум 5 uW (при напрузі 2.4 В)

Параметрів SHT30 цілком достатньо, щоб вимірювати стандартні температури повітря на вулиці (для нашого регіону) і в середині приміщення. На рис. 2.2 наведено типове підключення датчика до контролера.

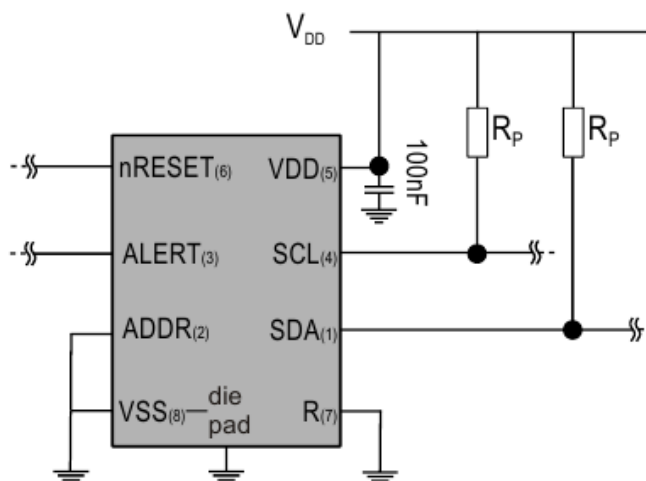


Рис. 2.2. Електрична схема типового підключення SHT30

Для вимірювання температури води у котлі використовується датчик DS18B20 (див. рис. 2.3). Від модуля SHT30 він відрізняється кількома важливими параметрами, а саме він є водонепроникний, що дозволяє йому працювати з водою. Також датчик витримує високі температури, що особливо важливо при роботі з котлом. У табл. 2.4 наведено основні параметри датчика [1].

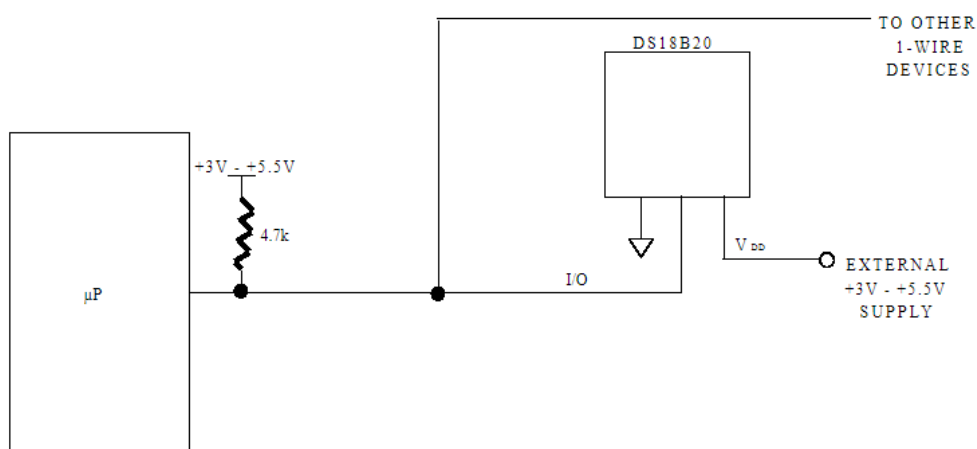


Рис. 2.3. Схема підключення DS18B20 до мікроконтролера із додатковим живленням

Таблиця 2.4

Параметри датчика DS18B20

Параметр	Значення
Робоча напруга	Від +3 до +5,5 В
Інтерфейс	1 - Wire
Діапазон температур	Від -55 до + 125 °С
Точність вимірювання	+/- 0,5 °С в діапазоні від -10 до + 85 °С
Розрядність	9 або 12 біт

Зв'язок із користувачем буде здійснюватися за допомогою OLED дисплея, підключеного напряму до системи і через Wi - Fi.

Для організації Wi - Fi зв'язку використано модуль ESP 8266 (рис. 2.4). Модуль є бездротовим SOC з високою інтеграцією. Він розроблений для використання із мобільними платформами, що мають обмежену потужність. Модуль може бути інтегрованим у вже існуючу систему, або використовуватись цілком автономно. ESP 8266 є цілком завершеним рішенням для інтеграції Wi-Fi підключення. Простота використання, ефективність, малі розміри і низька ціна роблять його одним із найкращих рішень на ринку.

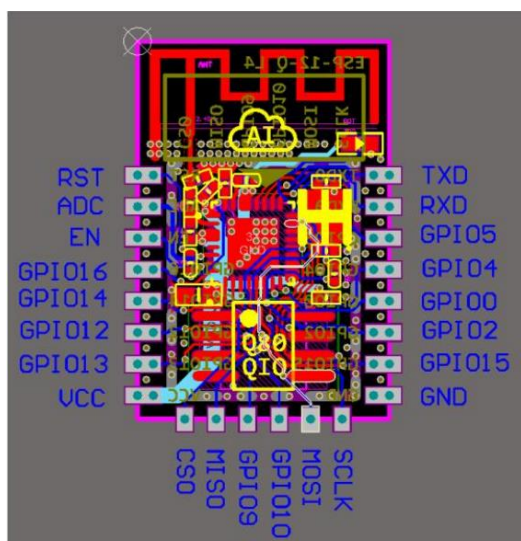


Рис. 2.4. Виводи модуля ESP 8266

Значення контактів наведені у табл. 2.5, параметри модуля наведені у табл. 2.6 [4].

Таблиця 2.5

Значення виводів модуля ESP 8266.

Контакт	Функція
RST	Скидання модуля
ADC	АЦП, вхідна напруга 0-1В, розрядність 0-1024
EN	Контакт вмикання модуля, Активний по 1
GPIO16	Може використовуватись для пробудження модуля з режиму глибокого сну
GPIO14	HSPI_CLK
GPIO12	HSPI_MISO
GPIO13	HSPI_MOSI, UART0_CTS
VCC	Живлення 3.3 В
CS0	Вибір чіпа
MISO	Режим роботи master input, slave output
MOSI	Режим роботи master output, slave input
SCLK	Годинник
GND	Земля
GPIO15	MTDO, HSPICS, UART0_RTS
GPIO2	UART1_TXD
IO9; IO10; GPIO0; GPIO4; GPIO5	Звичайні контакти
RXD	UART0_RXD
TXD	UART0_TXD

Таблиця 2.6

Параметри модуля ESP 8266

Параметр	Значення
WiFi протоколи	802.11 b/g/n
Діапазон частот	2,4 ГГц – 2,5 ГГц (2400М – 2483,5М)
Підтримувані шини зв'язку	UART/HSPI/I2C/Ir
Напруга живлення	3 - 3.6 В
Струм живлення	80мА
Температура використання	-40 – 125 °С
Режими роботи Wi-Fi	Station/softAP/SoftAP+station
Стандарти безпеки	WPA/WPA2
Шифрування	WEP/TKIP/AES
Мережеві протоколи	IPv4; TCP/UDP/HTTP/FTP
Швидкість процесора	80 – 160 МГц
ОЗП	32 кб + 80кб

Підключення модуля здійснюється за допомогою двох контактів RX і TX (рис. 2.5) по протоколу UART.

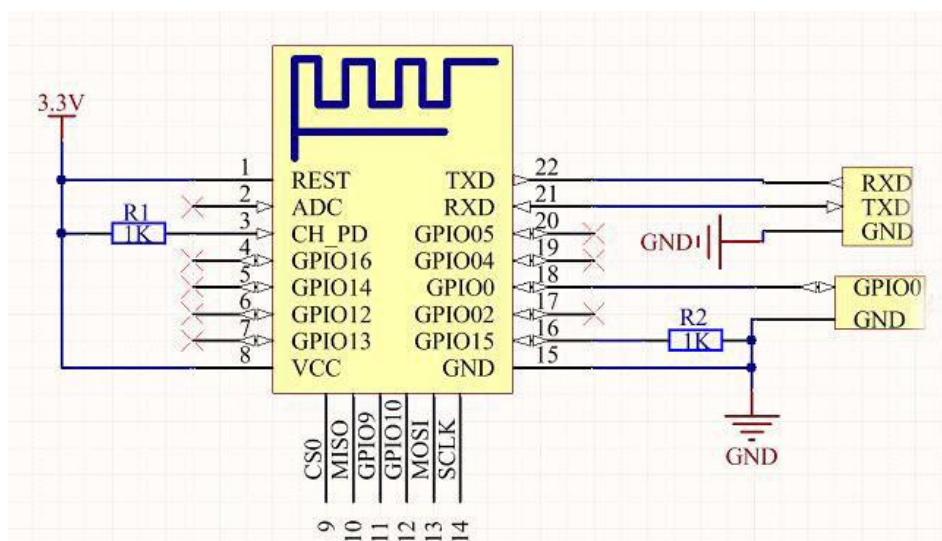


Рис. 2.5. Схема підключення ESP 8266

Наступним елементом системи є OLED дисплей, на якому буде відображатись інформація про поточний стан вимірювання. Дисплей 0,96'' від Waveshare є досить економним у плані енергозбереження і при тому забезпечує хорошу яскравість і контрастність. У табл. 2.7 наведені детальні параметри дисплея [2]. Підключення до контролера відбувається за допомогою 4 – проводового SPI (див. рис. 2.6).

Таблиця 2.7

Параметри дисплею

Параметр	Значення
Драйвер	SSD1306
Інтерфейс	3-дротовий SPI, 4-дротовий SPI, I2C
Робоча напруга	3,3 В
Напруга інтерфейсів	3,3 В
Роздільна здатність	128 * 64
Кут огляду	> 160°
Розміри	33мм * 33.50мм
Температура зберігання	від -30°C до 80°C

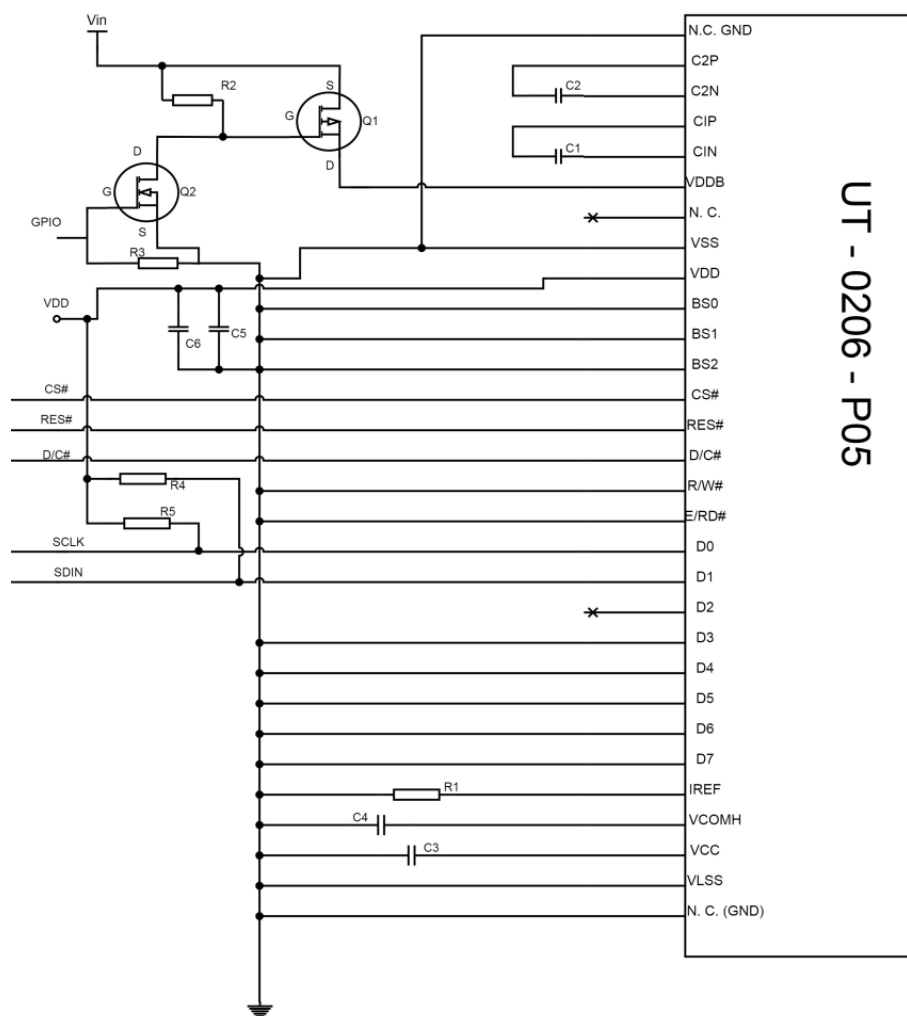


Рис. 2.6. Схема підключення OLED дисплею з використанням 4-проводового SPI

Контакти дисплею показані на рис. 2.7, а їх призначення описане в табл. 2.8.

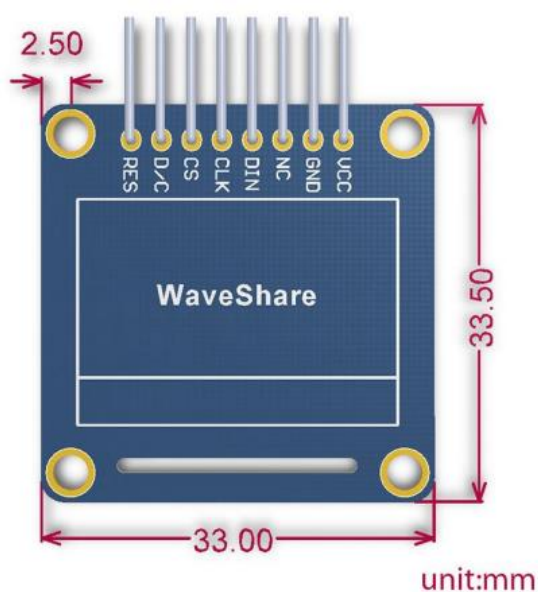


Рис. 2.7. Схема виводів дисплею

Таблиця 2.8

Призначення виводів дисплею

Назва виводу	Призначення
VCC	Напруга живлення (3.3В – 5В)
GND	Загальний
NC	Не використовується
DIN	Вхід даних
CLK	Вхід тактових імпульсів
CS	Вибір кристала, активний низький рівень
D/C	Вибір Команди/Дані, низький рівень для команд, високий для даних
RES	Сигнал скидання, активний низький рівень

Вплив на систему опалення буде здійснюватися за допомогою реле, яке буде включати обігрівач води. Таким чином система зможе, за необхідності, збільшувати температуру в приміщенні.

2.3. Опис обраних методів обміну інформацією

Для обміну даними у середині системи було використано протоколи I2C, SPI, 1-Wire, UART.

I2C є послідовною шиною, що використовується для зв'язку інтегральних схем. В розроблюваній системі використовується для обміну інформацією з давачами SHT 30. Для передачі інформації використовується два провідники:

- SDA – для обміну даними;
- SCL – для тактових сигналів.

Обмін даними відбувається мінімум між двома пристроями. Один з пристроїв, що беруть участь в обміні інформацією, виступає керівним – Master (встановлює тактову частоту, на якій буде передаватись інформація), а інші підлеглими – Slave. На одній шині може бути підключено до 127 пристроїв, для приймання і передачі інформації лінія скидається в 0.

Підключення до лінії відбувається через підтягуючі резистори, оптимальний опір становить 10кОм (рис. 2.8).

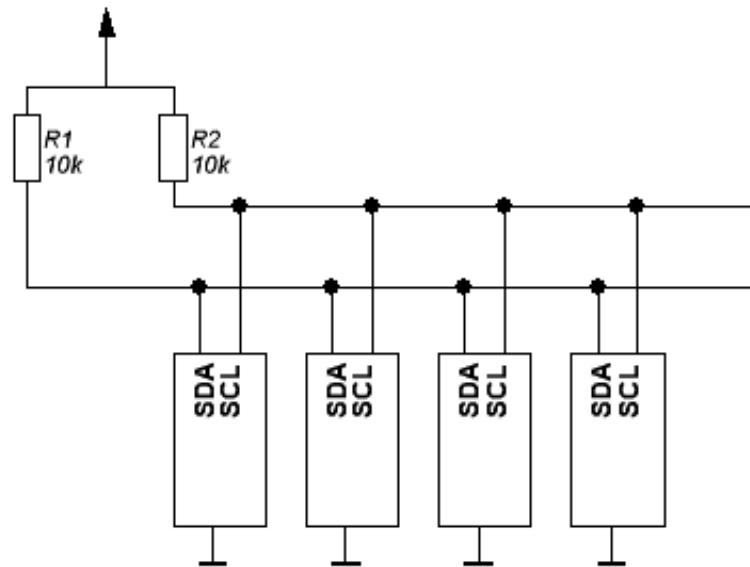


Рис. 2.8. Схема підключення по I2C

Інформація по шині передається пакетами по 8 біт (рис. 2.9). Пакет даних має наступну структуру:

- стартовий біт – позначає початок передачі даних;
- адреса Slave пристрою – містить фізичну адресу пристрою і напрямок передачі сигналу;
- пакети з інформацією;
- стоповий біт – припиняє передачу інформації.



Рис. 2.9. Побітний процес обміну інформацією по шині I2C

Переваги:

- лише один мікроконтролер може керувати цілим набором пристроїв;
- для підключення кількох пристроїв достатньо двох провідників;
- до однієї шини може бути підключено кілька ведучих пристроїв;
- є можливість гарячого підключення пристроїв.

Шина SPI – синхронна шина, що використовується для обміну інформацією між контролером і дисплеєм. Вона підтримує як повнодуплексний, так і напівдуплексний режим роботи. Для фізичного зв'язку використовуються чотири провідники. Для обміну інформацією використано конфігурацію Master/Slave (рис. 2.10).

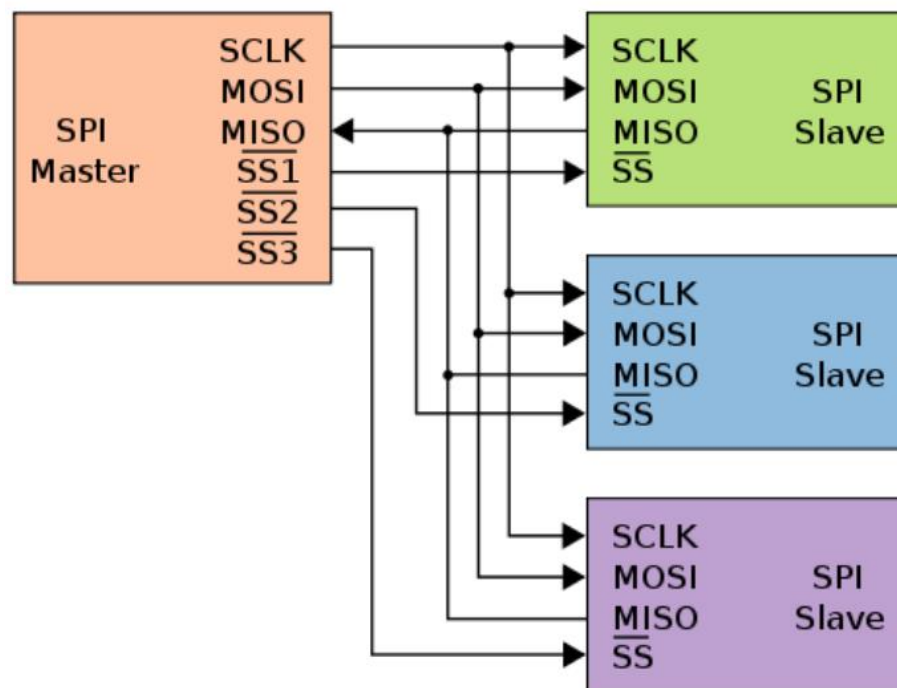


Рис. 2.10. Схема підключення SPI

Обмін інформацією виконується за допомогою таких сигналів:

- MOSI — Master видає інформацію, Slave приймає;
- MISO — Master приймає інформацію, Slave передає;
- SCK — сигнал синхронізації пристроїв при передачі даних;
- \sim CS — сигналу активації Slave пристрою.

Переваги:

- можливість одночасного обміну інформацією в дві сторони;
- вища пропускна здатність порівняно з I2C або SMBus;
- довжина пакета не обмежена 8 бітами;
- простота апаратної реалізації;
- використання лише 4 виводів;
- шина не накладає обмежень по максимальній тактовій частоті.

Протокол 1-Wire організовує зв'язок між контролером і периферією за допомогою одного провідника. Його можна часто зустріти у різних датчиках, зокрема температури. Протокол дозволяє створювати мережу із одного ведучого пристрою і кількох ведених, (рис. 2.11). Для ідентифікації в мережі кожен пристрій використовує унікальну 64 – бітну адресу.

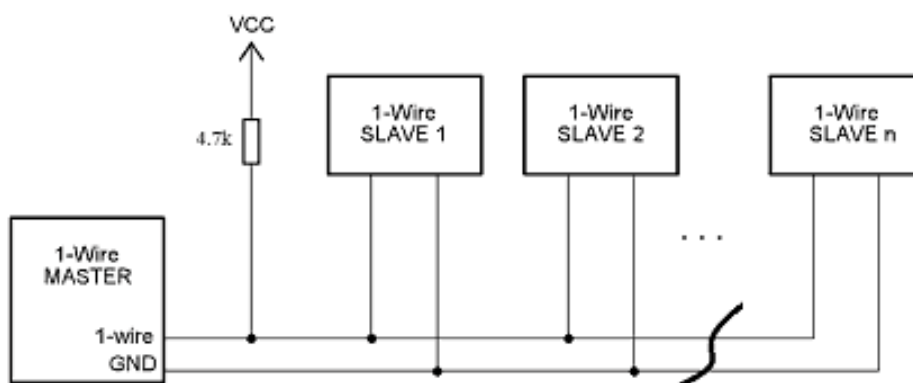


Рис. 2.11. Структура мережі 1-Wire

Даний протокол має наступні особливості:

- використання лише двох провідників (один для передачі інформації і один gnd);
- для зв'язку не потрібен тактовий сигнал;
- має напівдуплексний режим роботи;
- використовує для живлення напругу 2,8 – 5,25В;
- швидкість передачі даних 16,3 Кбіт/С в стандартному режимі і 163 Кбіт/с у режимі перевантаження;

- має низьке енергоспоживання.

Протокол UART – забезпечує обмін інформацією між платою STM і модулем ESP [16]. UART розшифровується як універсальний асинхронний приймач/передавач. Для фізичного зв'язку використовується два дроти, які передають інформацію в обох напрямках.

Комунікація в UART буває трьох видів:

- симплексна – дані передаються лише в одному напрямку;
- напівдуплексна – дані передаються у дві сторони, але по черзі;
- повнодуплексна – дані передаються одночасно у два напрямки.

Обмін інформацією в UART відбувається по кадрах (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Структура кадру UART

Для позначення логічної 1 використовується високий рівень (мітка), для позначення 0 – низький (пробіл). Коли лінія перебуває в стані очікування, вона утримується у високому рівні.

Біти початку і кінця – використовуються, щоб сигналізувати про початок або кінець передачі інформації. Біт початку є переходом із високого рівня (лінія в стані очікування) у низький, біт кінця є переходом із низького рівня у високий і перебування у високому рівні протягом додаткового часу.

Біти даних – є носіями інформації, може передаватись від 5 до 9 бітів, але найчастіше використовуються 7-8 бітів.

Біт парності – використовується для виявлення помилок, знаходиться між кінцем бітів даних і стоп бітом.

Особливості протоколу UART:

- відсутність тактового сигналу;

- використання двох провідників для обміну інформацією;
- можливість одночасної передачі інформації в двох напрямках.

Для зв'язку через Wi-Fi використовується протокол MQTT. Він призначений для зв'язку між різними пристроями, а також між клієнтом і хмарою. Протокол працює за принципом публікації/підписки (рис. 2.13) [9, 15].

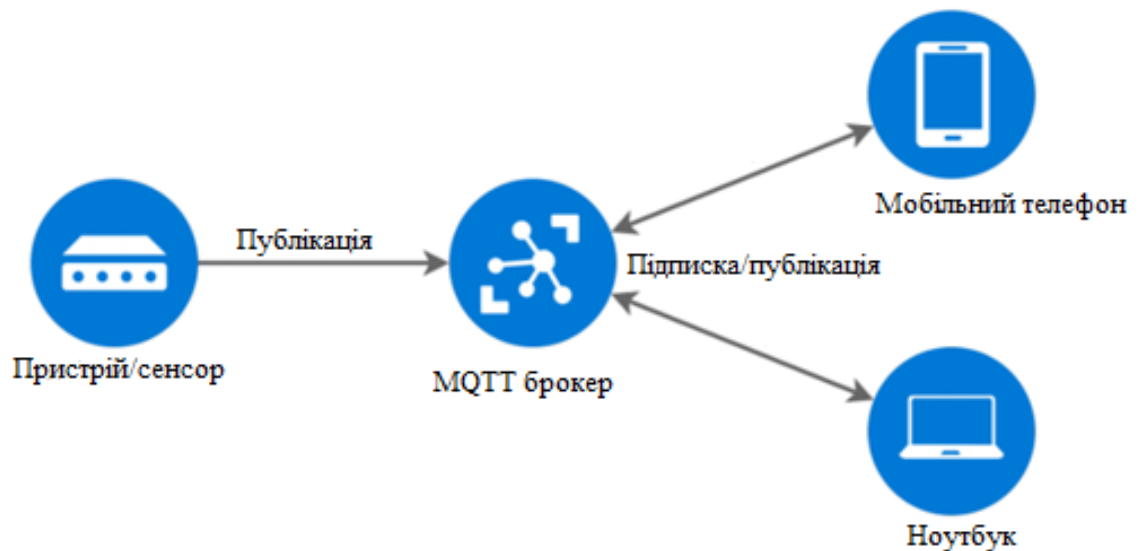


Рис. 2.13. Схема підключення пристроїв за протоколом MQTT

Для роботи з протоколом необхідні наступні компоненти:

- клієнт – будь-який пристрій, який запускає бібліотеку MQTT. В залежності від того, чи надсилає клієнт повідомлення, чи отримує, він може називатись видавцем або отримувачем;
- брокер – серверна система, що координує повідомлення між клієнтами. Він виконує приймання і фільтрацію повідомлень, ідентифікує клієнтів і на які повідомлення вони підписані, виконує відправку повідомлень;
- підключення – необхідне, щоб клієнт і брокер могли спілкуватись між собою. Клієнти ініціюють підключення шляхом надсилання повідомлення Connect брокеру. Брокер підтверджує встановлення з'єднання повідомленням Connack. Зв'язок виконується за допомогою протоколу TCP/IP.

Переваги протоколу:

- ефективність – протокол вимагає мінімальних ресурсів, наприклад мінімальне повідомлення керування займає всього 2 байти даних;
- масштабованість – має вбудовані функції для підтримки зв'язку пристроїв IoT;
- швидкість – має вбудовані функції, які скорочують час необхідний для підключення до хмари;
- надійність – підтримує три рівні якості обслуговування при передачі інформації (не більше одного разу, принаймні один раз, точно один раз);
- широка підтримка різними мовами програмування.

2.4. Висновки до розділу 2

Виконано порівняння роботи класичного і погодозалежного методів контролю за температурою, внаслідок чого доведено перевагу погодозалежного методу контролю температури над класичним.

Наведено формули за якими буде проводитись розрахунок температури подачі води у систему опалення і пояснено значення змінних.

Обґрунтовано вибір елементної бази: контролера, датчиків, екрана, Wi-Fi модуля, необхідної для забезпечення роботи системи і обміну інформацією з користувачем. Наведено основні параметри компонентів.

Обґрунтовано вибір протоколів, використаних для обміну інформації у системі. Наведено переваги і недоліки протоколів.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ У СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ

3.1. Розробка алгоритму роботи комп'ютерної системи

Центром системи є плата STM32F103C8T6, яка виконує обчислення на основі внесених даних і віддає команди периферійним пристроям. Внесені дані бувають двох типів: статичні і динамічні. Статичні вносяться у систему лише раз, під час налаштування роботи. Динамічні вносяться у систему давачами у режимі реального часу.

У системі використано чотири давачі. Двоє з них (SHT30) відповідають за вимірювання температури повітря: зовнішньої – відносно якої ми регулюємо роботу систему опалення і внутрішньої – для контролю роботи. Інші двоє (DS18B20) вимірюють температуру води у котлі. Один датчик моніторить температуру води постачання (гарячої води, що йде від котла до радіаторів системи опалення), інший - температуру води повернення (вода яка йде з радіаторів до котла).

Нагрівання води відбувається за допомогою реле. Коли система вважає, що температура води постачання є недостатньо високою, вона вмикає реле, яке своєю чергою вмикає нагрівальний елемент котла і температура постачання доводиться до необхідного рівня.

Для зв'язку з користувачем використано OLED дисплей і Wi-Fi модуль ESP 8266. Дисплей служить лише для відображення інформації користувачу.

Модуль ESP 8266 дає можливість користувачу не лише бачити виміряні дані, але і вносити свої параметри. Модуль обмінюється інформацією з STM (отримує виміряні дані і передає інформацію користувача). З модуля інформація переходить на хмарний MQTT брокер. Брокер підключений до програми керування, вона може бути як десктопною, так і додатком на телефоні. У програмі користувач бачить результати вимірювань і може вносити власні дані, які стосуються параметрів системи опалення (вносяться лише раз) і бажаної температури повітря в приміщенні.

Схеми пристрою наведенні на рис. 3.1 і 3.2.

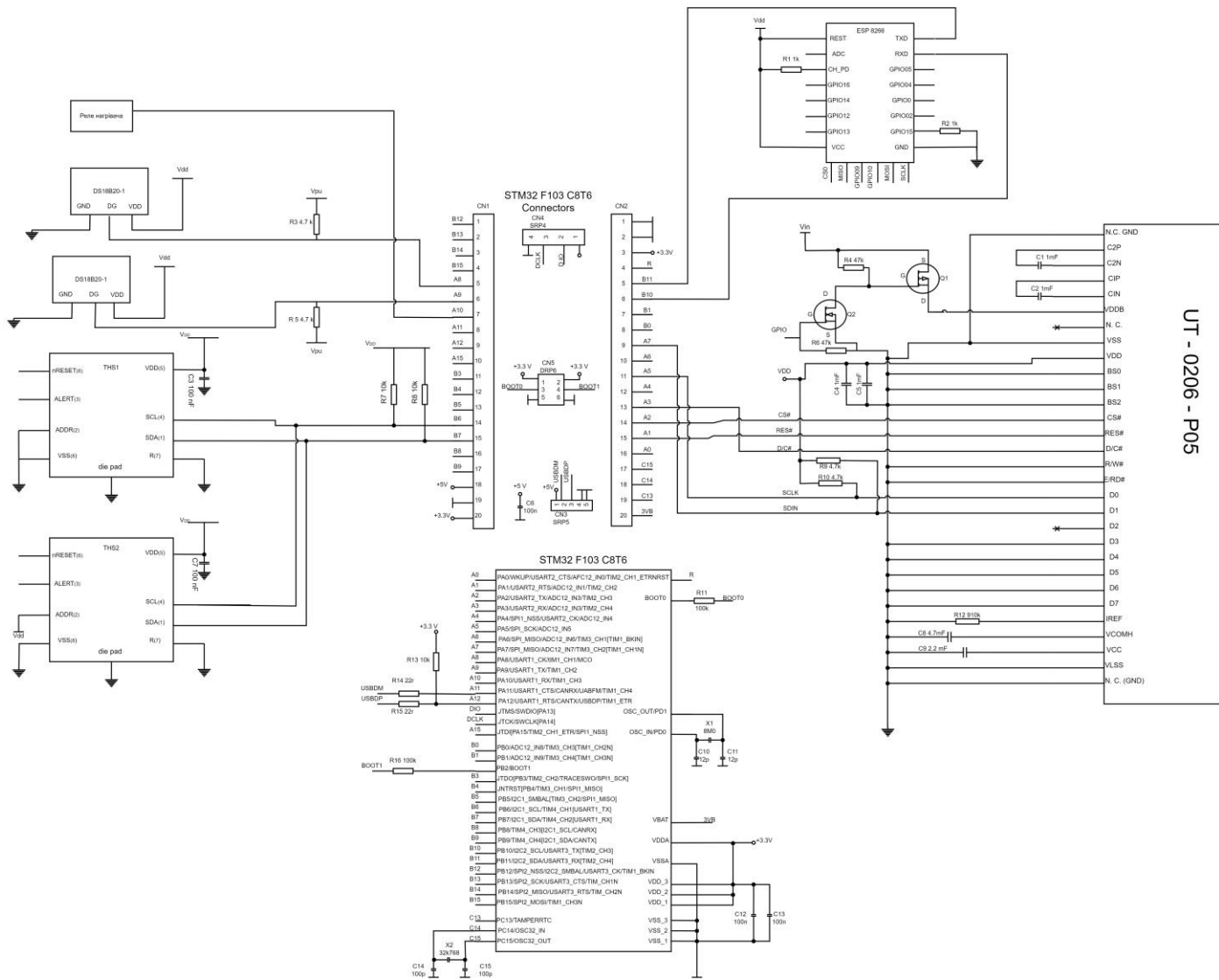


Рис. 3.1. Електрична принципова схема системи контролю за температурою

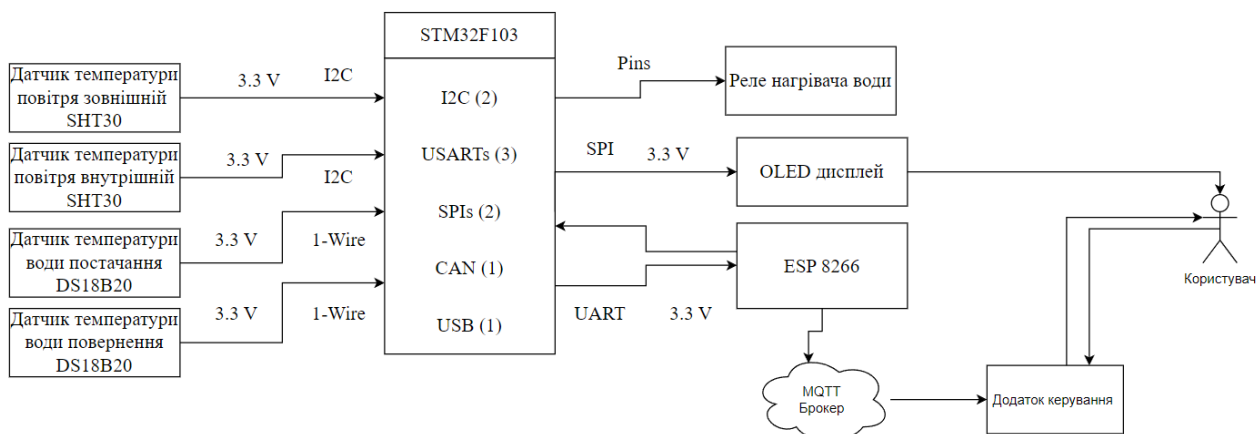


Рис. 3.2. Структурна схема системи контролю температури

На рис. 3.3 наведено алгоритм роботи системи. Після того, як ми увімкнули систему відбувається ініціалізація даних.

Дальше ми зчитуємо покази із датчиків і перетворюємо сигнали у значення градусів Цельсія. Це необхідно зробити для всіх чотирьох сенсорів температури.

Отримавши фактичну температуру повітря надворі, система розраховує температуру теплоносія, якої буде достатньо для підтримки заданої користувачем температури повітря у приміщенні.

Після проведення обчислень система порівнює розраховане значення із тим що є насправді. Якщо температура теплоносія є вищою ніж необхідно, то система відключає підігрів (за допомогою реле) і таким чином дає воді у котлі вистигнути. Якщо фактична температура води є нижчою за розраховану, то система навпаки включає підігрів, щоб довести її до потрібного рівня.

Після цього інформація про виміри виводиться на дисплей, а саме температура повітря назовні і температура всередині. Також система вимірює температуру води, що надходить до котла, якщо її значення нижче за розраховане, то десь є додаткові тепловтрати.

Наступним кроком система перевіряє чи є зв'язок із точкою доступу, якщо нема то встановлює його. Після встановлення з'єднання система перевіряє чи є зв'язок із брокером, якщо нема, то встановлює. Дальше система передає виміряну інформацію у MQTT брокер, зчитує з нього інформацію внесену користувачем. Після цього цикл починається з початку.

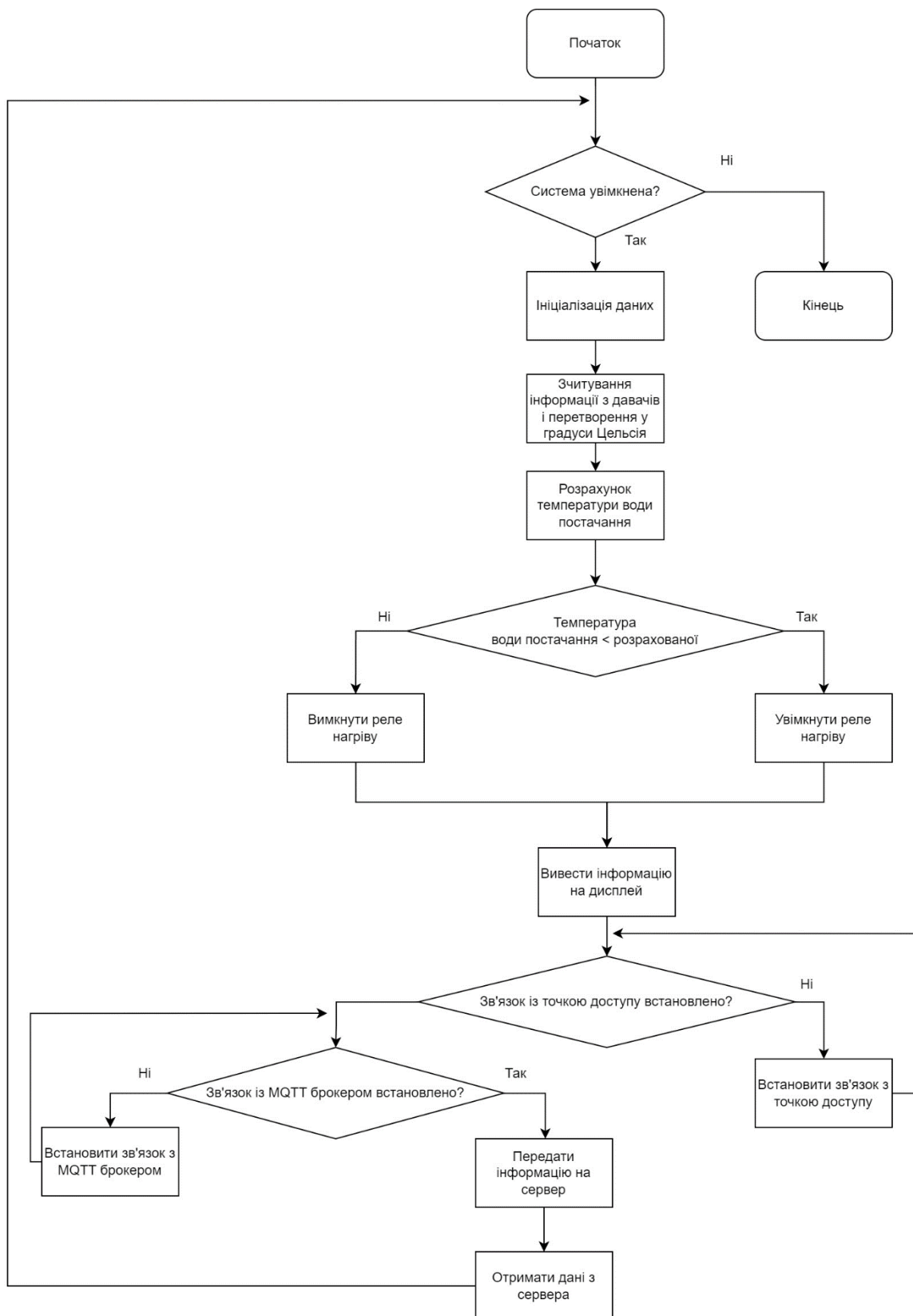


Рис. 3.3. Алгоритм роботи системи

3.2. Вибір програмного забезпечення для написання коду роботи системи

Для програмування мікроконтролера STM32 було обрано середовища STM32CubeMX і CoIDE (CooCox), програмування відбувалось на мові C. Програмування Wi-Fi модуля виконувалось у середовищі Arduino IDE.

STM32CubeMX є безкоштовним інструментом розробки, створеним STMicroelectronics. Він надає графічні засоби конфігурування мікроконтролера з подальшою автоматичною генерацією коду ініціалізації [6].

Програма має такі переваги:

- використання графічного інтерфейсу, що робить процес налаштування інтуїтивно зрозумілим;
- конфігурація виводів з автоматичним вирішенням конфліктів;
- налаштування режиму роботи для периферії;
- конфігурація системного годинника і динамічна перевірка конфігурації;
- налаштування параметрів живлення і споживання мікроконтролера;
- автоматичне створення кодів ініціалізації відповідно до встановлених налаштувань.

CoIDE (CooCox) – безкоштовне середовище програмування розроблене на основі ланцюжка інструментів Eclipse і GCC. Особливістю середовища є його пристосованість для роботи з мікроконтролерами в ARM® Cortex®-M.

Переваги:

- повна підтримка контролерів серії STM;
- наявність вбудованого компілятора GCC C/C++;
- відлагоджувач на основі GDB;
- спрощена IDE Eclipse.
- підтримка програматора ST-Link.

ArduinoIDE – є безкоштовним ПЗ з відкритим кодом, розроблене для легкого написання програм і завантаження їх у плату. Написання програм виконується на C-подібній мові програмування [7].

Переваги:

- простий і зрозумілий інтерфейс;
- сумісність з усіма версіями Windows;
- можливість програмування кількома мовами;
- вбудований набір прикладів і заготовок програм;
- функції збереження експорту, перевірки, пошуку і зміни кодів програм.

3.3. Програмна реалізація алгоритму на мікроконтролері STM

Налаштування виводів мікроконтролера STM32 виконувалось у графічному середовищі CubeMX (рис.3.4).

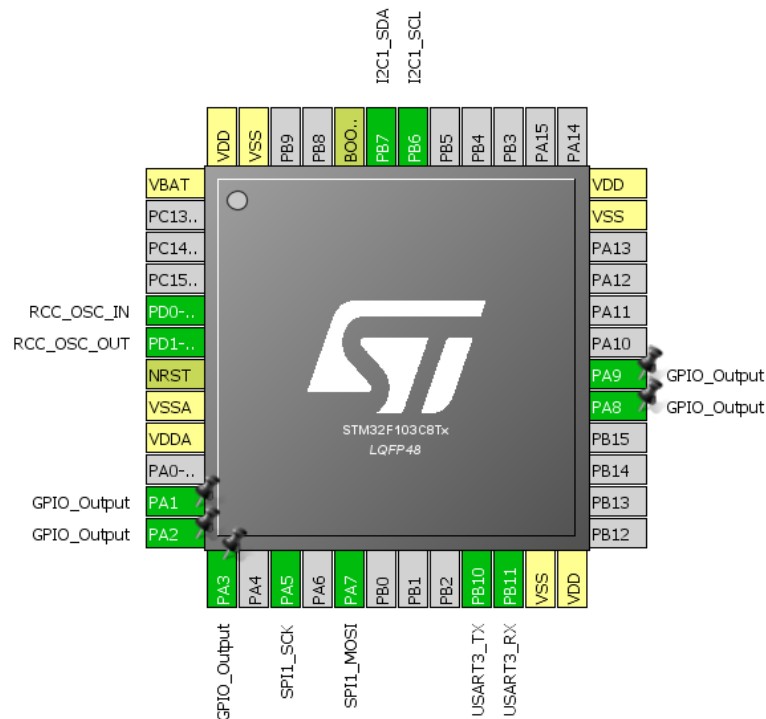


Рис. 3.4. Налаштування виводів контролера

Контакти PB7 і PB6 використовуються для роботи з інтерфейсом I2C. До них підключені сенсори температури повітря SHT30. Контакти PA5 і PA7 налаштовані для роботи по SPI і використовуються для зв'язку з екраном. Обмін інформацією з давачами температури води DS18B20 відбувається через контакти PA9 і PA8. Контакти PB8 і PB9 налаштовані на роботу в режимі UART і використовуються для

зв'язку з ESP8266. Вивід RA10 підключений до реле, яке включатиме і виключатиме нагрівання води. На рис. 3.5 зображено налаштування тактового генератора.

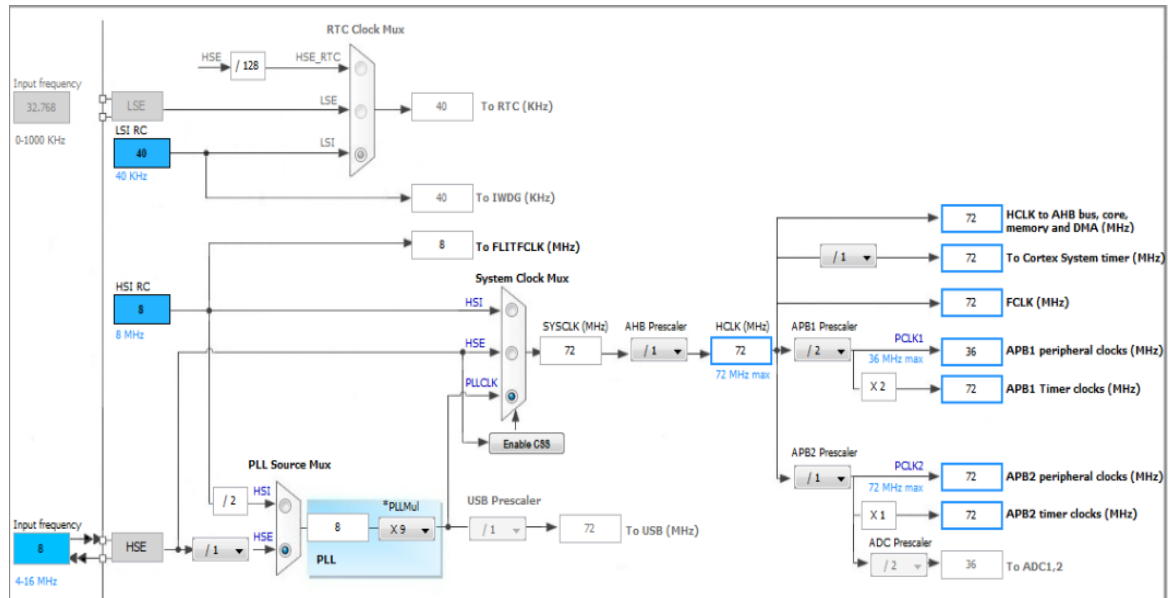


Рис. 3.5. Налаштування тактового генератора

Для того, щоб забезпечити максимальну швидкість системи генератор налаштовано на частоту 72Мгц. Для роботи із 1-Wire було налаштовано таймер, див. рис. 3.6.

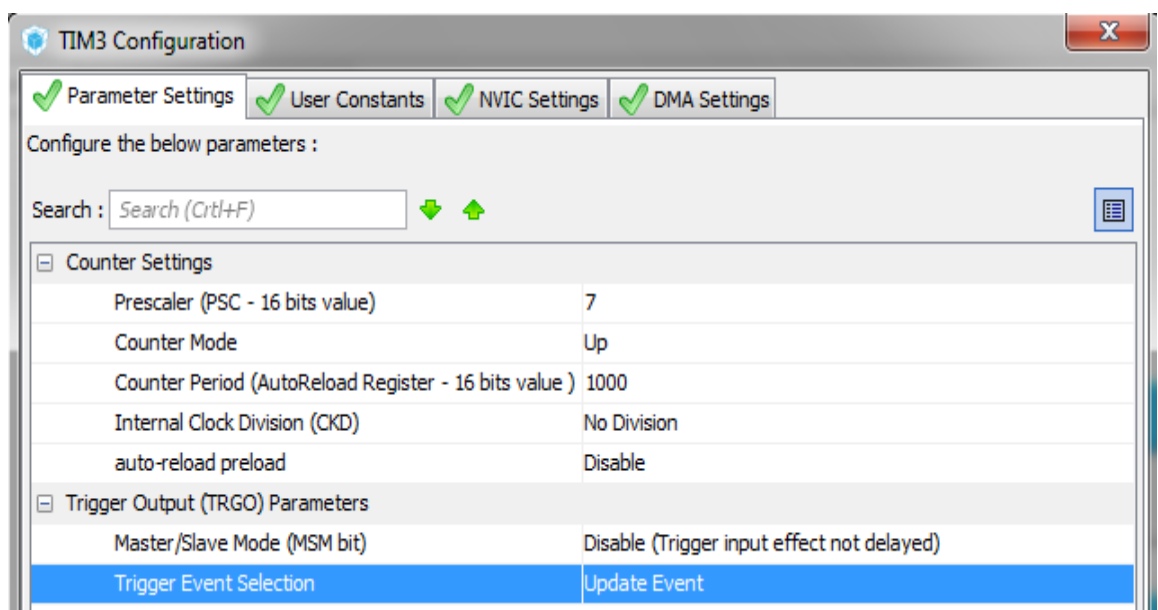


Рис. 3.6. Налаштування роботи таймера

Налаштування інтерфейсів і згенерований програмою код наведено на рис. 3.7 – 3.12.

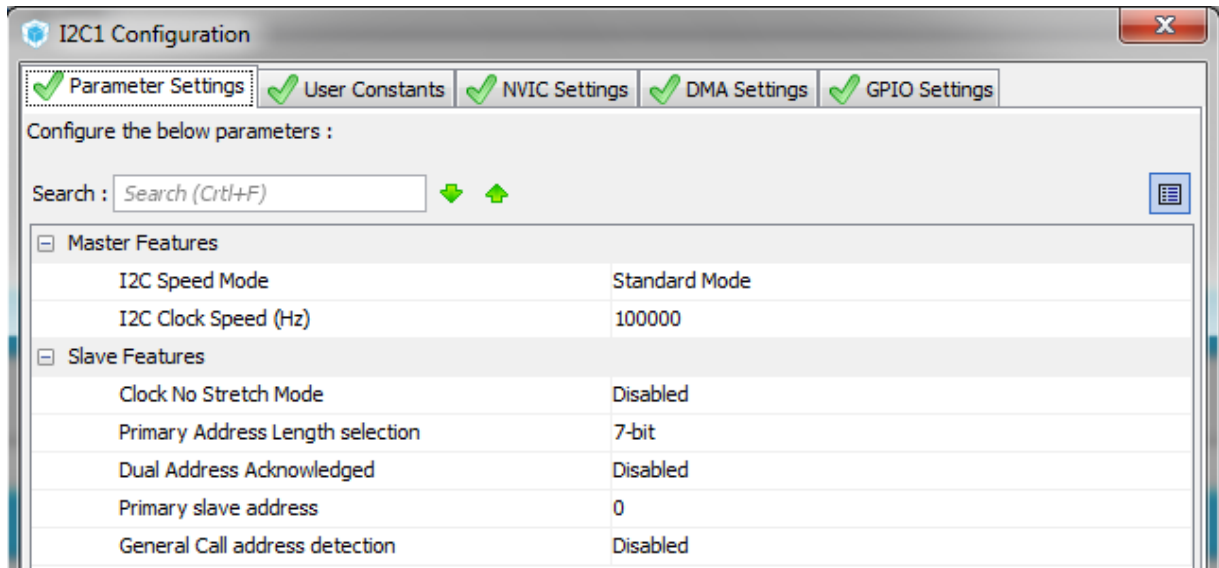


Рис. 3.7. Параметри I2C в програмі CubeMX

Для інтерфейсу задаємо частоту роботи в герцах, режим роботи, довжину адреси у бітах.

```

512 /* I2C1 init function */
513 static void MX_I2C1_Init(void)
514 {
515
516     hi2c1.Instance = I2C1;
517     hi2c1.Init.ClockSpeed = 100000;
518     hi2c1.Init.DutyCycle = I2C_DUTYCYCLE_2;
519     hi2c1.Init.OwnAddress1 = 0;
520     hi2c1.Init.AddressingMode = I2C_ADDRESSINGMODE_7BIT;
521     hi2c1.Init.DualAddressMode = I2C_DUALADDRESS_DISABLE;
522     hi2c1.Init.OwnAddress2 = 0;
523     hi2c1.Init.GeneralCallMode = I2C_GENERALCALL_DISABLE;
524     hi2c1.Init.NoStretchMode = I2C_NOSTRETCH_DISABLE;
525     if (HAL_I2C_Init(&hi2c1) != HAL_OK)
526     {
527         _Error_Handler(__FILE__, __LINE__);
528     }
529
530 }

```

Рис. 3.8. Налаштування інтерфейсу I2C в програмному коді

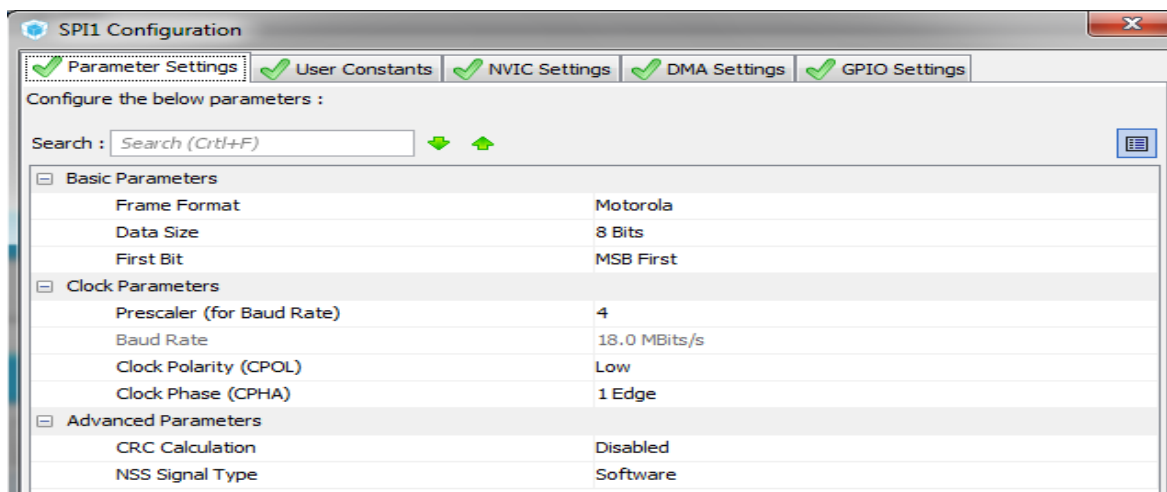


Рис. 3.9. Налаштування SPI в середовищі CubeMX

```

static void MX_SPI1_Init(void)
{
    hspi1.Instance = SPI1;
    hspi1.Init.Mode = SPI_MODE_MASTER;
    hspi1.Init.Direction = SPI_DIRECTION_1LINE;
    hspi1.Init.DataSize = SPI_DATASIZE_8BIT;
    hspi1.Init.CLKPolarity = SPI_POLARITY_LOW;
    hspi1.Init.CLKPhase = SPI_PHASE_1EDGE;
    hspi1.Init.NSS = SPI_NSS_SOFT;
    hspi1.Init.BaudRatePrescaler = SPI_BAUDRATEPRESCALER_4;
    hspi1.Init.FirstBit = SPI_FIRSTBIT_MSB;
    hspi1.Init.TIMode = SPI_TIMODE_DISABLE;
    hspi1.Init.CRCCalculation = SPI_CRCCALCULATION_DISABLE;
    hspi1.Init.CRCPolynomial = 10;
    if (HAL_SPI_Init(&hspi1) != HAL_OK)
    {
        _Error_Handler(__FILE__, __LINE__);
    }
}

```

Рис. 3.10. Налаштування інтерфейсу SPI в програмному коді

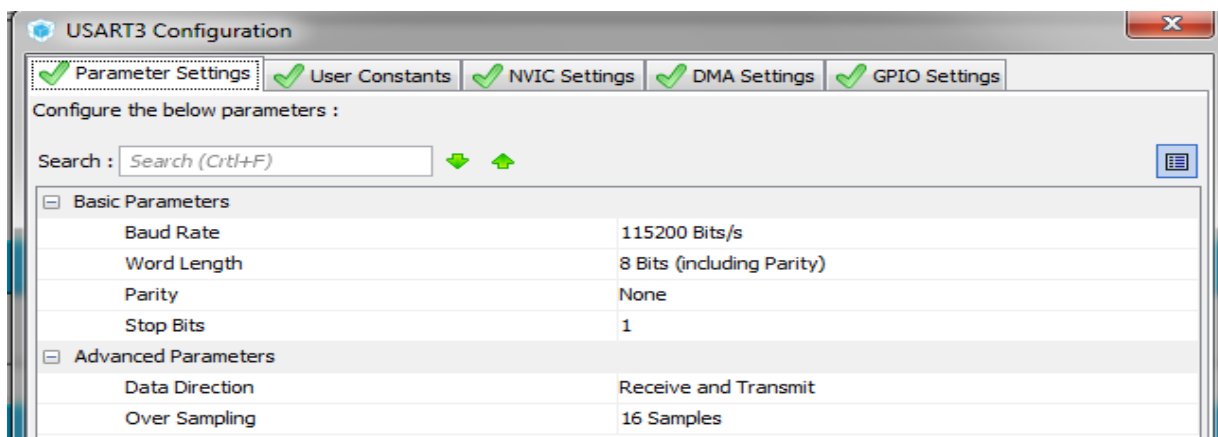


Рис. 3.11. Налаштування UART в середовищі CubeMX

```

static void MX_USART3_UART_Init(void) {
    huart1.Instance = USART3;
    huart1.Init.BaudRate = 115200;
    huart1.Init.WordLength = UART_WORDLENGTH_8B;
    huart1.Init.StopBits = UART_STOPBITS_1;
    huart1.Init.Parity = UART_PARITY_NONE;
    huart1.Init.Mode = UART_MODE_TX_RX;
    huart1.Init.HwFlowCtl = UART_HWCONTROL_NONE;
    huart1.Init.OverSampling = UART_OVERSAMPLING_16;
    if (HAL_UART_Init(&huart3) != HAL_OK) {
        Error_Handler();
    }
}
}

```

Рис. 3.12. Налаштування UART в програмному коді

На рис. 3.13 – 3.14 наведено код для зчитування інформації з датчиків SHT30.

```

uint8_t Sensor1_Data[3];
uint8_t Sensor2_Data[3];
uint16_t Temperature_indoor_f_Raw;
uint16_t Temperature_outdoor_f_RAW;
float Temperature_indoor_f;
float Temperature_outdoor_f;
uint16_t Measure = 0x240B;
#define Sensor1_Address (0x44)
#define Sensor2_Address (0x45)

```

Рис. 3.13. Змінні для роботи з датчиком SHT30

```

HAL_I2C_Mem_Read_IT(&hi2c1, Sensor1_Address, Measure, I2C_MEMADD_SIZE_8BIT, (uint8_t*) Sensor1_Data[6], 5);
Temperature_indoor_f_Raw = ((uint16_t)(Sensor1_Data[0] << 8) | (Sensor1_Data[1]));
Temperature_indoor_f = (float)(Temperature_indoor_f_Raw * 175 / 65535.00) - 45;
HAL_Delay(100);

```

Рис. 3.14. Код роботи датчика SHT30

Спершу встановлюється зв'язок із датчиком і виконується налаштування його на роботу. Далше отримуємо 3 байти інформації, з них 2 – це виміряна температура і 1 байт контрольних даних, записуємо їх у службову змінну `Temperature_indoor_f_Raw`. В наступному рядку відбувається перетворення даних у градуси Цельсія для подальшого відображення і обробки.

На рис. 3.15 – 3.19 наведено код роботи датчика DS18B20, що

використовується для вимірювання температури води, яка надходить і виходить із котла. Спершу задаємо виводи, до яких підключено давач, також створюємо змінні, у які буде записуватись виміряна інформація.

```
#define PORT1 GPIOA
#define PIN 9
#define PORT2 GPIOA
#define PIN 8
#define TIMER TIM3
float Temperature_Hwater_f;
float Temperature_Cwater_f;
```

Рис. 3.15. Змінні для роботи з давачем

```
Presence = DS18B201_Start ();
HAL_Delay (1);
DS18B201_Write (0xCC); // пропускаємо ROM
DS18B201_Write (0x44); // перетворюємо температуру у зрозуміле значення
HAL_Delay (800);
Temperature_Hwater_f = DS18B201_Read();
```

Рис. 3.16. Код роботи давача DS18B20

```
7 uint8_t DS18B201_Start (void) // ініціалізація датчика
3 {
9     uint8_t Response = 0;
9     Set_Pin_Output(PORT1, PIN1); // встановлюємо контакт на вихід
1 HAL_GPIO_WritePin (PORT1, PIN1, 0); // подаємо низьке значення
2     delay (480); // затримка відповідно до документації
3     Set_Pin_Input(PORT1, PIN1); // встановлюємо контакт на вхід
4     delay (80); // затримка відповідно до документації
5     if (!(HAL_GPIO_ReadPin (PORT1, PIN1))) Response = 1;
5     else Response = -1;
7     delay (400);
3     return Response;
9 }
```

Рис. 3.17. Функція запуску і ініціалізації давача


```

0 void DS18B201_Write (uint8_t data) // записування даних у датчик
1 {
2   Set_Pin_Output(PORT1, PIN1); // встановлення контакту на вихід
3   for (int i=0; i<8; i++)
4   {
5     if ((data & (1<<i))!=0) // якщо біт високий
6     {
7       // записуємо 1
8       Set_Pin_Output(PORT1, PIN1); // встановлюємо на вихід
9       HAL_GPIO_WritePin (PORT1, PIN1, 0); // подаємо низьке значення
0       delay (1);
1       Set_Pin_Input(PORT1, PIN1); // встановлюємо на вхід
2       delay (50);
3     }
4     else // якщо біт низький
5     {
6       // записуємо 0
7       Set_Pin_Output(PORT1, PIN1);
8       HAL_GPIO_WritePin (PORT1, PIN1, 0);
9       delay (50);
0       Set_Pin_Input(PORT1, PIN1);
1     }
2   }
3 }
4

```

Рис. 3.18. Функція запису даних в датчик

```

uint8_t read2 (void) // зчитування даних з датчика
{
  uint8_t value=0;
  gpio_set_input ();
  for (int i=0;i<8;i++)
  {
    gpio_set_output ();
    HAL_GPIO_WritePin (GPIOA, GPIO_PIN_8, 0);
    delay (2);
    gpio_set_input ();
    if (HAL_GPIO_ReadPin (GPIOA, GPIO_PIN_8))
    {
      value |= 1<<i;
    }
    delay (60);
  }
  return value;
}

```

Рис. 3.19. Функція зчитування даних з датчика і обробки інформації

Після зчитування температур і отримання всіх необхідних даних виконується обробка інформації. Розраховується температура води постачання, яка необхідна для підтримання заданої температури при вимірних параметрах, див. рис. 3.20 і 3.21.

```

62 float Temperature_indoor_r = 20.00;
63 float Temperature_outdoor_r = -21.00;
64 float Temperature_Hwater_r = 90.00;
65 float Temperature_Cwater_r = 70.00;
66 float n = 1.3;
67 float q;
68 float step;
69 int Nomer_dat =1;
70 float Temperature_Hwater_s;
71 float Temperature_Cwater_s;

```

Рис. 3.20. Змінні внесені користувачем

```

q = (Temperature_indoor_r-Temperature_outdoor_f)/(Temperature_indoor_r-Temperature_outdoor_r); // знаходимо значення q;
step = 1 / (1+n); // обчислення значення степеня
Temperature_Hwater_s = Temperature_indoor_r + (0.5 *(Temperature_Hwater_r - Temperature_Cwater_r) * q) + (0.5*(Temperature_Hwater_r+Temperature_Cwater_r-(2*Temperature_Cwater_s = Temperature_indoor_r - (0.5 *(Temperature_Hwater_r - Temperature_Cwater_r) * q) + (0.5*(Temperature_Hwater_r+Temperature_Cwater_r-(2*Temperature_Hwater_f<=Temperature_Hwater_s)
{
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_10, GPIO_PIN_SET); // вмикаємо реле обігріву
}
else
{
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_10, GPIO_PIN_RESET); // вимикаємо реле обігріву
}

```

Рис. 3.21. Обробка вимірних значень

На основі вимірних температур розраховується коефіцієнт q , визначається необхідна температура води постачання і температури води повернення. Якщо вимірне значення температури води менше ніж розраховане, то вмикається реле нагрівача (вода підігрівається), в протилежному випадку реле вимкнуте. Після обробки даних, система виводить результат на дисплей див. рис. 3.22 – 3.23.

```

u8 OLED_GRAM[128][8];
#define OLED_SCLK_Clr() PAout(5)=0
#define OLED_SCLK_Set() PAout(5)=1
#define OLED_SDIN_Clr() PAout(7)=0
#define OLED_SDIN_Set() PAout(7)=1
#define OLED_RES_Clr() PAout(1)=0
#define OLED_RES_Set() PAout(1)=1
#define OLED_DC_Clr() PAout(3)=0
#define OLED_DC_Set() PAout(3)=1
#define OLED_CMD 0
#define OLED_DATA 1

```

Рис. 3.22. Змінні для роботи з екраном

```

OLED_Display_On();
OLED_ShowString(50,0,"Температура в будинку");
OLED_ShowNumber(0,15,Temperature_indoor_f,4);
OLED_ShowString(50,0,"Температура на вулиці");
OLED_ShowNumber(0,15,Temperature_outdoor_f,4);
if (Temperature_Cwater_s > Temperature_Cwater_f)
{
    OLED_ShowString(50,0,"Є додаткові тепловтрати");
    OLED_ShowNumber(0,15,Pressure1,4);
}
else
{
    OLED_ShowString(50,0,"Тепловтрат нема");
    OLED_ShowNumber(0,15,Pressure1,4);
}
OLED_Refresh_Gram();
delay_ms(50);

```

Рис. 3.23. Команди для виводу інформації на дисплей

Виводиться виміряна температура будинку і виміряна температура на вулиці. Якщо температура на вході до котла менша за розраховану, то користувачу виводиться повідомлення, що будинок має додаткові тепловтрати.

Дальше система передає інформацію на MQTT брокер за допомогою модуля ESP8266. Код наведено на рис. 3.24 – 3.25.

```

/*Налаштування обміну по MQTT*/
if (HAL_GetTick() - Time_Temperature_indoor_f >= 10000) // якщо з часу останньої передачі і
{
    Time_Temperature_indoor_f = HAL_GetTick(); // скидаємо лічильник

    if (WIFI_flag && MQTT_flag) // якщо встановлено зв'язок з WiFi і MQTT
    {
        while (huart3.gState != HAL_UART_STATE_READY);
        UART_MQTT_Send_data_float(0x03, Temperature_indoor_f, esp_tx_buffer); // передає
    }
}
if (HAL_GetTick() - Time_Temperature_outdoor_f >= 10000) // якщо з часу останньої передачі і
{
    Time_Temperature_outdoor_f = HAL_GetTick(); // скидаємо лічильник
    if (WIFI_flag && MQTT_flag) // якщо встановлено зв'язок з WiFi і MQTT
    {
        while (huart3.gState != HAL_UART_STATE_READY);
        UART_MQTT_Send_data_bool(0x02, Temperature_outdoor_f, esp_tx_buffer); // нег
    }
}

```

Рис. 3.24. Налаштування обміну по MQTT у розділі main

```

void UART_MQTT_Receive_Callback(void) {
  /*-----обробка вхідних даних-----*/
  switch (VARIABLE_ID) {
    /*-----вибираємо адресу притрону (змінної)-----*/
    case (0x04): // якщо адреса 0x04
      if (UART_MQTT_Checksumm_validation(esp_rx_buffer)) {
        Temperature_indoor_r = UART_MQTT_Receive_data_float(esp_rx_buffer);
      }
      break;
    case (0x05): // якщо адреса 0x05
      if (UART_MQTT_Checksumm_validation(esp_rx_buffer)) {
        Temperature_outdoor_r = UART_MQTT_Receive_data_float(esp_rx_buffer);
      }
      break;
    case (0x06): // якщо адреса 0x06
      if (UART_MQTT_Checksumm_validation(esp_rx_buffer)) {
        Temperature_Hwater_r = UART_MQTT_Receive_data_float(esp_rx_buffer);
      }
      break;
    case (0x07): // якщо адреса 0x07
      if (UART_MQTT_Checksumm_validation(esp_rx_buffer)) {
        Temperature_Cwater_r = UART_MQTT_Receive_data_float(esp_rx_buffer);
      }
      break;
    case (0xFF):
      UART_MQTT_Check_net();
      break;
  }
}

```

Рис. 3.25. Функції для роботи з MQTT

3.4. Програмна реалізація алгоритму на платі ESP 8266

Програмування плати ESP 8266 виконувалось у середовищі ArduinoIDE. На рис. 3.26 – 3.29 наведено основні функції програми.

```

const char *ssid = "MiWiFi"; // Ім'я точки доступу
const char *pass = "Password1"; // Пароль від точки доступу

const char *mqtt_server = "Teplo.cloudmqtt.com"; // ім'я сервера MQTT
const int mqtt_port = 15835; // Порт для підключення до сервера MQTT
const char *mqtt_user = "teploserver"; // Логін від сервера
const char *mqtt_pass = "*****"; // Пароль від сервера
// ...

```

Рис. 3.26. Налаштування підключення

Відповідно до вказаних параметрів система виконує підключення до точки доступу і брокера.

```

void loop(void)
{
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) //перевіряємо статус підключення до WiFi
  {
    wifi_not_ok(); //відсилаємо службову команду Wifi != OK
    WiFi.begin(ssid, pass);

    if (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED)
      return;
    wifi_ok(); //відсилаємо службову команду Wifi = OK
  }

  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) // Якщо підключились до Wi-f
  {
    if (!client.connected()) //Перевіряємо статус підключення до MQTT сервера
    {
      mqtt_not_ok();
      if (client.connect(MQTT::Connect(name_mqtt_user).set_auth(mqtt_user, mqtt_pass))
      {
        mqtt_ok(); //посилаємо службову команду MQTT = OK
        client.set_callback(callback);

        /*-----Вказуємо топіки, на які підписуємось-початок-----
        client.subscribe("teplo/Temperature_outdoor_f");
        client.subscribe("teplo/Temperature_indoor_f");
        client.subscribe("teplo/Temperature_indoor_r");
        client.subscribe("teplo/Temperature_outdoor_r");
        client.subscribe("teplo/Temperature_Hwater_r");
        client.subscribe("teplo/Temperature_Cwater_r");
        // кінець

      } else {
        mqtt_not_ok(); //посилаємо службову команду MQTT = !OK
      }
    }
  }
}

```

Рис. 3.27. Головний цикл програми

В основному циклі програми відбувається перевірка, чи підключена система до Wi-Fi і MQTT брокера. Після цього система вказує по яких топіках відбувається обмін інформацією.

Налаштовуємо буфер по якому будуть передаватись дані і змінні, використані при передачі даних.

```

void callback(const MQTT::Publish &pub) // функція отримання даних від сервера
{
    String payload = pub.payload_string();

    /*-----Обробка приход даних з брокера-початок-----*/

    if (String(pub.topic()) == "teplo/Temperature_indoor_r") // перевіряємо з якого
    {
        Temperature_indoor_r = payload.toFloat(); // перетворюємо і відсилаємо дані
        UART_MQTT_Send_data_float(0x03, Temperature_indoor_r, esp_tx_buffer);
    }
    if (String(pub.topic()) == "teplo/Temperature_outdoor_r") // перевіряємо з якого
    {
        Temperature_outdoor_r = payload.toFloat(); // перетворюємо і відсилаємо дані
        UART_MQTT_Send_data_float(0x03, Temperature_outdoor_r, esp_tx_buffer);
    }
    if (String(pub.topic()) == "teplo/Temperature_Hwater_r") // перевіряємо з якого
    {
        Temperature_Hwater_r = payload.toFloat(); // перетворюємо і відсилаємо дані
        UART_MQTT_Send_data_float(0x03, Temperature_Hwater_r, esp_tx_buffer);
    }
    if (String(pub.topic()) == "teplo/Temperature_Cwater_r") // перевіряємо з якого
    {
        Temperature_Cwater_r = payload.toFloat(); // перетворюємо і відсилаємо дані
        UART_MQTT_Send_data_float(0x03, Temperature_Cwater_r, esp_tx_buffer);
    }
    //кінець
}

```

Рис. 3.28. Обробка інформації з брокера

Система виконує перетворення даних, що приходять з мікроконтролера у топіки. Їм присвоюються назви і відправляються на MQTT брокер.

```

void uart_parsing(void) {
    if (Serial.available() > 0) {
        Serial.readBytes(esp_rx_buffer, 9);
        switch (VARIABLE_ID) {
            /*-----Відсилаємо дані на брокер-----*/

            case (0x02):
                if (UART_MQTT_Checksumm_validation(esp_rx_buffer)) {
                    Temperature_outdoor_f = UART_MQTT_Receive_data_bool(esp_rx_buffer);
                    client.publish("teplo/Temperature_outdoor_f", String(Temperature_outdoor_f));
                }
                break;
            case (0x03):
                if (UART_MQTT_Checksumm_validation(esp_rx_buffer)) {
                    Temperature_indoor_f = UART_MQTT_Receive_data_float(esp_rx_buffer);
                    client.publish("teplo/Temperature_indoor_f", String(Temperature_indoor_f));
                }
                break;
            // кінець
        }
        memset(esp_rx_buffer, 0, 9); //очищаємо вхідний буфер
    }
}

```

Рис. 3.29. Відправка вимірних даних на брокер

Система обробляє дані внесені користувачем на брокері і передає їх в систему.

3.4. Аналіз результатів застосування обраних методів

Для перевірки роботи математичної моделі було проведено розрахунки температури води подачі для міста Тернополя. Розрахункова температура зовнішнього повітря $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурний режим: $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ на виході з котла і $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ на вході, оскільки така схема є однією з найпопулярніших у побутових системах опалення [12]. У приміщенні повинна підтримуватись температура $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

За формулами наведеними у Розділі 2 було обчислено значення води обігріву для різних температур і проведено порівняння із температурним графіком «Тернопільміськтеплокомуненерго», результати обчислень наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати обчислень температури теплоносія

Температура зовнішнього повітря	Розрахована температура теплоносія	Температура із температурного графіка
$5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$52,4\text{ }^{\circ}\text{C}$	$51\text{ }^{\circ}\text{C}$
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$61,9\text{ }^{\circ}\text{C}$	$57\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$67\text{ }^{\circ}\text{C}$	$64\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$70,2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$68\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-7\text{ }^{\circ}\text{C}$	$73,2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$71\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-9\text{ }^{\circ}\text{C}$	$76\text{ }^{\circ}\text{C}$	$75\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-12\text{ }^{\circ}\text{C}$	$80\text{ }^{\circ}\text{C}$	$80\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-15\text{ }^{\circ}\text{C}$	$83,6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$85\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-18\text{ }^{\circ}\text{C}$	$86,7\text{ }^{\circ}\text{C}$	$90\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-21\text{ }^{\circ}\text{C}$	$90\text{ }^{\circ}\text{C}$	$95\text{ }^{\circ}\text{C}$

По даних таблиці 3.1 видно що значення, які будуть розраховуватись системою практично збігаються зі значеннями температурного графіка централізованої системи опалення. Невелика розбіжність спричинена двома

факторами:

- по перше у формулах міг використовуватись різний коефіцієнт нелінійної, який показує як швидко нагрівається і вистигає батарея;
- по друге температурний графік був побудований за схемою 95/70, що означає, що котел розрахований на нагрівання води до 95 °С, а не на 90 °С як у формулі заданій у системі. Саме цим можна пояснити, що при вищих температурах розраховане значення більше за значення графіка, а при низьких менше.

3.5. Висновки до розділу 3

У третьому розділі було реалізовано обрані методи, внаслідок чого було розроблено електричну принципову схему пристрою, функціональну схему пристрою і алгоритм роботи системи.

Було обґрунтовано вибір програмного забезпечення, розглянуто його переваги і недоліки.

Виконано опис програмного коду, описано окремі функції коду.

Було проаналізовано результати роботи системи шляхом порівняння значень температури подачі води, розрахованих системою, із значеннями температури із графіка Тернопільміськтеплокомуненерго. Порівняння показало що значення розраховані системою практично співпадають із значеннями графіка.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Темою кваліфікаційної роботи є методи контролю температури в приміщенні з урахуванням параметрів зовнішнього середовища. Дана тема зачіпає кілька галузей: кліматологія, робота систем опалення, розробка терморегуляторів, вимоги до організації робочого місця. Кожна з цих галузей регулюються своїми нормативними документами.

Методи контролю температури напряму залежать від роботи систем опалення, які, в свою чергу, розробляються з урахуванням типових параметрів клімату.

Стандартні усереднені значення параметрів зовнішнього середовища визначаються стандартом ДСТУ-Н Б В.1.1 -27:2010 «Будівельна кліматологія» від 2011 року. У ньому міститься зведена інформація про значення температури зовнішнього повітря, сили і напрямку вітру, теплової і сонячної радіації, вологості повітря, опадів і природної освітленості. Інформація подається для кожного регіону України, згідно кліматичного зонування, і розбита по місяцях і порах року. Кліматичні параметри розраховано на основі інформації метеорологічних спостережень 53 метеорологічних станцій за період 1961-2005 рр. Для Тернополя розрахункова температура повітря за п'ять найхолодніших ночей, відносно якої розраховується потужність системи опалення, становить від -20 до -22 °С. Таким чином у формулі розрахунку було використано середнє значення -21°С.

Енергоефективність приміщення у якому повинна підтримуватись певна температура і вимоги до температури описані у ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики» від 2012 року. Національний стандарт є ідентичним до EN 15251:2011 і є його перекладом. Цей стандарт визначає параметри

мікроклімату приміщення, що впливають на енергетичні характеристики будівель. Він визначає як досягти заданих параметрів мікроклімату приміщення. Стандарт визначає методи для довгострокової оцінки мікроклімату приміщення, отриманої в результаті вимірювань і розрахунків, і критерії вимірювань. Стандарт визначає параметри для моніторингу та відображення мікроклімату приміщень в існуючих будівлях. Дія стандарту поширюється на непромислові приміщення, де критерії мікроклімату встановлюються відповідно до зайнятості людей, прикладом таких приміщень є: приватні будинки, багатоквартирні будинки, офіси, навчальні заклади, лікарні, готелі, ресторани, спортивні заклади, заклади торгівлі.

Обраний метод контролю температури в приміщенні з урахуванням параметрів зовнішнього середовища реалізований за допомогою комп'ютерної системи. Вимоги до неї визначені стандартом ДСТУ 3462-96 «Регулятори температури. Загальні технічні вимоги». Стандарт прийнято Держстандарт України у 1997 році. У 2019 році в стандарт було внесено зміни. Дія стандарту поширюється на промислові електричні регулятори температури, призначені для контролю та регулювання температури в різних галузях народного господарства. Стандарт містить основні визначення по темі, позначення і скорочення, перелік основних типів і параметрів, технічні вимоги і математичний опис ідеальних законів регулювання.

У розробленій системі для повсякденного зв'язку між системою і користувачем використовується OLED – дисплей і сторонній пристрій (ПК або смартфон), налаштування системи відбувається за допомогою ПК або смартфона. Для зменшення негативного впливу екранів, при роботі із системою повинні бути дотримані вимоги наступних документів:

- закон України «Про затвердження вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»;
- НПАОП 0.00-7.15-18, затверджений міністерством соціальної політики України 14.02.2018.

Електробезпека системи забезпечується використанням енергоощадних елементів у системі, що працюють при напрузі 3.3 В і використанням безпроводних технологій передачі даних між системою і користувачем. Завдяки цьому ризик ураження користувача електричним струмом при взаємодії з системою є мінімальним.

В процесі роботи із системою мають бути дотримані вимоги наступних документів:

- закони України “Про охорону праці” та “Про пожежну безпеку”;
- санітарні вимоги ДСанПін 3.3.2-007-98, що визначають мінімальну площу для робочого місця не менше 6 м² і об’єму не менше 20м³, правила розташування робочих місць, норми звукоізоляції тощо;
- норми штучного і природнього освітлення на робочому місці ДБН В.2.5-28-2018. Рекомендовано освітлення повинно здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ і північний схід, коефіцієнт природньої освітленості не може бути нижчим за 1,5%. Приміщення повинно бути обладнане система підтримки мікроклімату і забезпечувати звукоізоляцію;
- загальні вимоги щодо безпеки експлуатації інформаційних технологій EN 60950-1:2015 «Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги» (ДСТУ EN 60950-1:2015).

Отже, при роботі із системою було використано державні і міжнародні стандарти норми і правила, що контролюють правила розрахунку параметрів приміщення і параметрів зовнішнього середовища. Було використано стандарт що регулює технічні вимоги для регуляторів температури. Визначено стандарти дотримання яких необхідне при роботі із системою.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Вплив виробничого середовища на працездатність та здоров’я користувачів комп’ютерів. Виробниче середовище – це середовище, в якому людина здійснює свою трудову діяльність. Це може бути комплекс підприємств, установ,

засобів транспорту, комунікацій тощо. Кожне виробниче середовище характеризується своїми специфічними параметрами. До виробничого середовища належить сукупність фізичних, хімічних, біологічних, соціальних факторів, що впливають на людину в процесі її трудової діяльності.

Температура повітря є важливою для підтримки працездатності людини, вона визначає теплову рівновагу організму. Нормальна діяльність людини можлива при температурі 16 – 20 °С.

Робота за комп'ютером належить до робіт Легкої складності Іа, це роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. Нормальні параметри мікроклімату для цього типу робіт наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Мікроклімат в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Температура °С			Відносна вологість %		Швидкість руху повітря м/с	
	Оптим.	Допуст.		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
		Постійна	Непостійна				
Холодний	22-24	21/25	18/26	40-60	75	0.1	до 0.1
Теплий	23-25	22/28	20/30	40-60	55-75	0.1	0.1-0.2

Під час своєї роботи ПК виділяє велику кількість тепла. Тривала робота у приміщеннях, де не підтримуються рекомендовані параметри мікроклімату і є велика кількість комп'ютерів, може призвести до перегрівання організму. Наслідками цього стану є слабкість, головний біль, шум у вухах тощо [22].

Основними заходами нормалізації мікроклімату є:

- будівництво приміщень і споруд згідно вимог державних будівельних норм і правил;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- раціональний режим праці та відпочинок;
- застосування теплоізоляційного устаткування та захисних екранів;
- раціональна вентиляція, кондиціонування повітря та опалення приміщень.

Ще одним важливим компонентом Виробничого середовища є освітленість, воно особливо важливе при роботі з ПК, оскільки основне навантаження припадає саме на очі. Основні вимоги до освітлення на робочому місці:

- рівень освітлення повинен відповідати характеру зорової роботи і не бути нижчим встановлених гігієнічних норм. Робота з ПК належить до робіт середньої точності, що передбачає освітленість 750-400 Лк при комбінованому освітленні і 300-200 Лк при загальному освітленні.
- спектральний склад штучного світла повинен бути близьким до сонячного;
- освітленість повинна бути постійною і рівномірною, щоб запобігти втомі зорових органів;
- між об'єктами і фоном повинна бути контрастність;
- на робочій поверхні не повинно бути різких і глибоких тіней;
- від джерел світла не повинно бути засліплювальної дії;
- джерела світла повинні бути без пульсації.

4.2.2. ЕМП-обстановка та її вплив на стійкість автоматизованих комп'ютерних систем в умовах не воєнного часу. ЕМП (електромагнітні поля) відносять до неіонізуючого випромінювання. Вони можуть нести шкоду здоров'ю людини і впливати на роботу техніки. ЕМП бувають природнього походження і штучного. В умовах невоєнного часу основними джерелами штучних ЕМП є лінії електропередач, засоби радіозв'язку, телевізійні центри, ретранслятори, радіолокаційні станції тощо.

Сильні електромагнітні поля можуть пошкодити електронні компоненти системи або збити програмування, наприклад при тривалому контакті мобільного телефону і ключ – карти остання може «розмагнітитись», тобто з неї буде повністю або частково стерта інформація. Для захисту окремих елементів системи від впливу навколишніх ЕМП використовують електромагнітне екранування.

Екранування здійснюється за допомогою різних матеріалів і різними способами, що залежать від особливостей конкретного елемента. Дроти і кабелі

використовують металеву обмотку, аудіо динаміки часто мають внутрішній металевий корпус, для дрібних компонентів використовують спеціальні електропровідні фарби [22].

4.3. Висновки до розділу 4

У четвертому розділі проведено огляд основних нормативних документів що пов'язані із питаннями налаштування систем опалення, розробки і налаштування систем контролю за температурою. Наведено документи, що визначають правила поводження із розробленою системою і містять вимоги до організації робочого місця такі, як параметри мікроклімату, освітлення тощо.

Розглянуто питання безпеки в надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано вплив виробничого середовища на працездатність та здоров'я користувачів ПК. Визначено як впливає ЕМІ – обстановка на стійкість автоматизованих комп'ютерних систем в умовах не воєнного часу.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі магістра розглянути метод контролю температури приміщення у залежності від параметрів зовнішнього середовища і проведено розробку системи, заснованої на цьому методі.

У першому розділі проаналізовано актуальність створення більш економних і ефективних систем автоматизованого контролю за температурою повітря у приміщенні. Розглянуто існуючі системи і виділено основні переваги та недоліки. Досліджено основні параметри, необхідні для реалізації системи.

У другому розділі було доведено перевагу погодозалежного методу контролю температурою над класичним. Було обрано апаратне забезпечення, яке задовольняє технічні вимоги системи. Було обрано оптимальні методи обміну інформації у системі, зважаючи на обране апаратне забезпечення.

У третьому розділі було розроблено електричну принципову схему системи і сформовано алгоритм роботи системи. Було обрано програмне забезпечення для програмування плати STM32F103C8T6 і модуля ESP8266. Проаналізовано результати розрахунків зроблених системою і порівняно їх з сторонніми значеннями.

У четвертому розділі було розглянуто нормативні документи, стандарти і правила, що регулюють процес розробки і використання систем контролю температури. Розглянуто питання впливу виробничого середовища на користувача ПК і питання впливу ЕМІ – обстановки на стійкість комп'ютерних систем в умовах не воєнного часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer: технічний опис, 6 версія. Липень 2019. 20 с.
2. SDD1306-30pin: технічний опис, версія E. 40 с.
3. Sensirion_Humidity_Sensors_SHT3xA_Datasheet: технічний опис, 7 версія. Грудень 2019. 21 с.
4. ESP-12F WiFi Module: технічний опис, версія 1.0. 20 с.
5. STM32F103x8 STM32F103xB: технічний опис, 12 версія. Червень 2010. 96 с.
6. STM32Cube initialization code generator. STMicroelectronics. 2022. URL: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html> (дата звернення: 27.11.2023).
7. ArduinoIDE Software. 2023. URL: <https://www.arduino.cc/en/software> (дата звернення 27.11.2023).
8. Голишев О.М., Голишев А. О., Михалків Д. В., Серебреніков Е. В. Дослідження процесу остигання будівлі в умовах припинення теплопостачання. *Вісник національного університету «Львівська Політехніка» теорія і практика будівництва*. 2016. № 781. С. 58 – 63.
9. Дорошенко А.Ю., Пилипенко Ю. М. Моніторинг та контроль стану повітря в лабораторії по мережі Інтернет. *Технології та дизайн*. 2019. № 2(31). С. 1-11.
10. Дорошенко Ю.І., Михалків В.Б. Оцінка впливу втрат на ефективність експлуатації системи газопостачання будинку. *Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ*. 2013. №1 (46). С. 134 – 142.
11. Шмиг Р.А., Боярчук В.М., Добрянський І.М., Барабаш В.М. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури./ за ред.: Шмига Р. А. Львів, 2010. 221 с.
12. ДСТУ –Н Б В.1.1-27:2010. Видання. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.

13. Алексахін О. О., Бобловський О. В. Методичні вказівки до самостійної роботи та практичних занять з дисципліни «Теплопостачання та гаряче водопостачання». Харків: ХНАМГ, 2011 р. 32с.

14. Фізика 8 клас : підруч. для 8 кл. закл. загал. серед. освіти / за ред.: В.Г. Бар'яхтара, О.С. Довгого. Харків: Вид-во «Ранок», 2021. 240 с.

15. What is MQTT? 2023. URL: <https://aws.amazon.com/what-is/mqtt/> (дата звернення: 01.12.2023).

16. Understanding UART. 2023. URL: https://www.rohde-schwarz.com/ua/products/test-and-measurement/essentials-test-equipment/digital-oscilloscopes/understanding-uart_254524.html#gallery-7 (дата звернення: 05.12.2023).

17. Структура кінцевого споживання енергії домогосподарствами за цілями призначення. 2023. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/energ/st_kn_sposh_energ_dom/arch_st_kn_sposh_energ_dom_u.htm (дата звернення: 22.11.2023).

18. Електричний котел. 2023. URL: <https://www.protherm.ua/customers/protherm/skat-143.html#specification> (дата звернення: 23.11.2023).

19. Лупенко С. А., Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль, 2021 р. 34с.

20. Куплений О.Д., Тиш Є.В. Порівняння ефективності класичного і погодозалежного методів контролю за температурою приміщення. *Актуальні задачі сучасних технологій* : Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (6 – 7 грудня 2023). Тернопіль, 2023. с. 258-259.

21. Куплений О.Д., Тиш Є.В. Розрахунок температури води у системі опалення відносно зовнішньої температури повітря. *Актуальні задачі сучасних технологій* : Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (6 – 7 грудня 2023). Тернопіль, 2023. с. 260.

22. Охорона праці: навч. посіб. / за ред.: В.Г. Грибана, О.В. Негодченка. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 280 с.

23. Стадник І.Я., Зварич Н.М. “Оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об’єктах з викидом (виливом) небезпечних хімічних речовин та застосуванні хімічної зброї ” ТНТУ, 2020. 36С.

Додаток А
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедімінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року

	ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ	
23.	Греля В. В. ЕЛЕКТРОПРИВІД УСТАНОВОК ЗМІННОГО ОПРОМІНЕННЯ З ОБЕРТАЛЬНИМ РУХОМ ОПРОМІНЮВАЧА	236
24.	І. М. Сисак, С. В. Корюков ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЕВООБРОБНОГО ЦЕХУ	237
25.	І. В. Белякова, І. М. Сисак, В. А. Котлюк АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ	239
26.	І. М. Сисак, Л. Т. Мовчан, І. В. Мартиновський ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ БАТЕРЕЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	241
27.	І. М. Сисак, О. Й. Іваніга, С. В. Любка, Ю. І. Джуган РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕНЬ	242
28.	І. В. Белякова, І. М. Сисак, О. Т. Поважний ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ	243
29.	І. М. Сисак, Л. Т. Мовчан, С. Д. Корчинський РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО ПОЧАТКОВОЇ ШКОЛИ №2	244
30.	О. О. Вакуленко, Р. І. Іващук, Е. Ю. Карплюк ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХЛІББУЛОЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА	246
31.	Н. А. Куземко, О. О. Вакуленко, Р. М. Сігетій СУЧАСНЕ ЕКСТРУЗІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ КАБЕЛЬНО- ПРОВІДНИКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	247
32.	Н. А. Куземко, О. О. Вакуленко, І. Т. Гарматій ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ	248
33.	А. М. Губіцький, М. С. Наконечний МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ З ІЗОЛЯЦІЄЮ ІЗ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ	249
34.	А. Лупенко, Д. Чаплій ЗНИЖУВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ ІЗ МАГНІТНО-ЗВ'ЯЗАНИМИ ІНДУКТИВНОСТЯМИ	250
35.	В. С. Закордонець, О. Я. Копча СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ПОТУЖНИХ СВІТЛОДІОДНИХ МАТРИЦЬ ТЕПЛОВИМИ ТРУБКАМИ	253
36.	І. В. Прокопчук, М. С. Наконечний ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ	254
37.	Л. М. Костик, Ю. Ю. Каплан ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ SMART ТЕХНОЛОГІЙ	256
38.	О. Д. Куплений, Є. В. Тиш ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАСИЧНОГО І ПОГОДОЗАЛЕЖНОГО МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ ПРИМІЩЕННЯ	258
39.	О. Д. Куплений, Є. В. Тиш РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ У СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ ВІДНОСНО ЗОВІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ	260
40.	Р. В. Смосьок, О. П. Заболотний, М. М. Щербій, Я. О. Філюк СВІТЛОДІОДНИЙ ДРАЙВЕР ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ТЕРМІНОМ СЛУЖБИ	261

УДК 644.3

О. Д. **Куплений**, С. В. **Тиш**, к.т.н.,

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАСИЧНОГО І ПОГОДОЗАЛЕЖНОГО
МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ ПРИМІЩЕННЯ**

O. D. Kuplennyi, Ie. V. Tysh, Ph. D

**COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF CLASSICAL AND WEATHER-
DEPENDENT METHODS OF ROOM TEMPERATURE CONTROL**

Завдання контролю температури приміщення і підтримання його на сталому рівні є дуже важливим, особливо у холодний період року, адже від цього залежить здоров'я і самопочуття людини. Для виконання цієї роботи все частіше використовують спеціальні пристрої – терморегулятори. Вони оснащені датчиками температури, встановленими у приміщенні, де виконується контроль і під'єднані до якогось нагрівального елемента (котла, теплої підлоги і т.д.). Коли температура у приміщенні падає нижче заданого рівня, то автоматично включається обігрів. Така система є досить зручною, оскільки позбавляє користувача потреби регулярно дивитись на градусник і вмикати чи вимикати обігрів. Водночас системи опалення є одними із найбільш енергозатратних у будинку і їх покращення завжди є актуальним.

Недоліком терморегуляторів є те, що вони реагують на зміну температури всередині приміщення, тобто коли воно вже охолело і потрібно повернути його до нормального стану. Така ситуація виникає коли кількість тепла, що виходить з приміщення збільшилась, іншими словами на дворі похолодало. У випадку з терморегуляторами, системі потрібно спершу збільшити кількість тепла, щоб відповідати тепловтрапам, а потім затратити певний час, щоб знову прогріти будинок.

Набагато ефективнішим є спосіб регулювання потужності обігрівача відносно зміни зовнішнього повітря. В цьому разі система не чекатиме коли приміщення вистигне, зменшення зовнішньої температури повітря автоматично потягне за собою збільшення потужності обігрівача. При такому підході, приміщення не зможе вистигнути і відповідно користувачу не потрібно буде чекати, доки воно знову нагріється.

Температура в середині приміщення знаходиться на сталому рівні, якщо виконується рівняння теплового балансу:

$$Q^+ = Q^- \quad (1)$$

Q^+ - це кількість теплоти яку отримує приміщення від системи опалення, його можна збільшувати або зменшувати змінюючи потужність обігрівача.

Q^- - це кількість теплоти яку приміщення виділяє в навколишнє середовище, воно залежить від температури повітря на вулиці і теплоізолюючих властивостей самого приміщення.

Щоб температура в приміщенні збільшувалась потрібно, щоб виконувалась наступна умова:

$$Q^+ > Q^- \quad (2)$$

Щоб температура в приміщенні зменшувалась потрібно виконання наступної умови:

$$Q^* < Q' \quad (3)$$

В ситуації коли потужність системи обігріву прив'язана до внутрішньої температури все відбувається наступним чином. В початковий момент часу у приміщенні стала температура (див. формулу 1), коли на вулиці зменшується температура повітря, кількість теплоти що втрачається збільшується (див. формулу 3) і температура в середині падає. Далше система повинна збільшити потужність, щоб кількість створеної теплоти дорівнювала втратам (див. формулу 1), але приміщення вже охоллоло, тому потрібно збільшити потужність системи обігріву, щоб створена теплота переважала втрати і приміщення нагрівалось (див. формулу 2).

Коли потужність системи обігріву прив'язана до температури зовнішнього повітря весь процес відбувається простіше і ефективніше. В початковий момент часу система знаходиться в стані рівноваги (див формулу 1), коли надворі похолодало, то кількість теплоти що втрачається приміщенням збільшилась, але система зреагувала і збільшила потужність. Таким чином приміщення залишилось у стані рівноваги.

Процес нагрівання повітря є дуже енергозатратним. Кількість енергії необхідної для нагрівання 1 кілограму речовини на 1°C називається теплоємність, для повітря цей показник становить 1000 Дж. У приміщенні площею 10 м² знаходиться приблизно 32 м³ повітря. Густина повітря становить приблизно 1,2 кг/м³, значить у приміщенні знаходиться 38,4 кг повітря, на обігрів якого потрібно 38400 Дж енергії. 38400 Дж = 10,7 Вт-годин, це означає, що для того щоб прогріти повітря система протягом години повинна мати потужність на 10,7 Вт більшу ніж необхідна для підтримки температурного балансу.

В процесі нагрівання будинку окрім повітря потрібно прогріти стіни, підлогу, стелю, предмети в середині будинку, саму систему опалення і т.д. Все це вимагає великої кількості енергії, тому система обігріву або повинна мати високу потужність, або процес займе певний час.

Отже, системи контролю і підтримки температури в приміщенні є дуже корисними і зручними у використанні. Основним недоліком більшості систем є прив'язка потужності обігрівача до температури в середині приміщення. Недоліком цього підходу є те, що приміщення встигає охолонути і для повернення нормального температурного режиму потрібно затратити додаткову енергію і час. Виходом із ситуації є прив'язка потужності обігрівача до температури зовнішнього повітря. Такий підхід дозволить системі миттєво реагувати на збільшення тепловтрат будинком, за рахунок цього будинок не охолоне і вдасться уникнути додаткових енерговитрат на повторний обігрів приміщення.

УДК 644.1; 004

О. Д. **Куплений**; С. В. **Тиш**, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ У СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ ВІДНОСНО ЗОВНІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

O. D. **Kuplennyi**; Ie. **Tysh**, Ph.D.

CALCULATION OF WATER TEMPERATURE IN THE HEATING SYSTEM IN RELATION TO THE SURROUNDING AIR TEMPERATURE

Робота системи опалення та її потужність залежить від різних факторів: параметрів самого будинку, матеріалів, з яких він зроблений, температури на вулиці і бажаної температури в середині приміщення. Для того, щоб встановити потужність опалення на правильний рівень і досягти балансу між нагріванням і охолодженням приміщення, потрібно мати точну інформацію про всі вище перелічені параметри.

Одним з підходів для контролю потужності є відштовхування від зовнішньої температури повітря. Такий підхід, як правило, використовують у мережах централізованого теплопостачання, але він рідко зустрічається у приватних системах опалення. Принцип його роботи полягає в наступному: котел системи опалення підбирається таким чином, щоб при умовній мінімальній температурі зовнішнього повітря підтримувати в середині будинку певну комфортну температуру. Маючи ці параметри і фактичну температуру повітря на вулиці, можна розрахувати з якою потужністю повинен зараз працювати котел, щоб забезпечити ту саму комфортну температуру. Нижче наведено формули розрахунків температура води, яка подається з котла у систему опалення (чим вона вища, тим більше тепла виробляє система опалення):

$$t_n = t_{np} + 0,5(t_{np} - t_p) q + 0,5 (t_{np} + t_p - 2t_{np}) * q^{(1/(1+n))}, \quad (1)$$

$$q = (t_p - t_n) / (t_{np} - t_p), \quad (2)$$

де t_n – температура води, яка подається з котла у систему опалення;

t_{np} – внутрішня розрахована температура (бажана температура повітря у приміщенні, задається користувачем);

t_p – розрахункова температура подачі води (максимальна температура, на яку розрахована система, значення береться з документів тепломережі, найчастіше знаходиться у межах 60 – 90 °С);

t_p – розрахункова температура води повернення (значення температури води, яка приходить з мережі до котла після того, як віддала частину свого тепла батареям, як правило на 20 °С менша за температуру подачі);

q – відносний тепловий потік системи;

n – показник нелінійності тепловіддачі (індивідуальним для кожного конкретного приладу (радіатора опалення) і береться із документації);

t_n – температура повітря на вулиці (береться поточна температура повітря, вимірюється давачем);

t_{np} – розрахункова температура зовнішнього повітря (температура, яка вважалась максимальною при розробці системи опалення).

Отже, задля збільшення точності керування системою опалення і підвищення її ефективності можна використовувати температуру зовнішнього повітря. Вона є більш точною при вимірюванні, оскільки на її вимірювання впливає менше факторів.

<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>К-сть.</i>	<i>Примітки</i>
	Мікросхеми		
STM32F103 C8T6	Мікроконтролер STM32F103 C8T6	1	
CN1, CN2, CN3, CN4, CN5	Виводи мікроконтролера STM32F103 C8T6	5	
DS18B20-1, DS18B20-2	Датчики температури DS18B20	2	
TS1, TS2	Датчики температури SHT30	2	
UT-0206-P05	OLED - дисплей	1	
ESP 8266	Wi-Fi модуль ESP 8266	1	
Реле	Реле нагрівального елемента	1	
Q1, Q2	Транзистори	2	
	Резистори		
R1, R2	1 КОм	2	
R3, R5, R9, R10	4.7 КОм	4	
R4, R6	47 КОм	2	
R7, R8, R13	10КОм	3	
R11, R16	100 КОм	2	
R12	910 КОм	1	
R14, R15	22 рОм	2	
	Конденсатори		
C3, C6, C7, C12, C13	100 нФ	5	
C1, C2, C4, C5	1 мФ	4	
C8	4,7 мФ	1	
C9	2,2 мФ	1	
C10, C11	12 пФ	2	
C14, C15	100 пФ	2	
X1	8M0	1	
X2	32к768	1	

					<i>КС КРМ 123.494.00.00 ПЕ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Кушленний О.Д.			<i>Додаток Б</i> <i>Перелік елементів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		Тиш С.В.					72	
<i>Рецензент</i>						<i>ТНТУ, каф. КС,</i> <i>гр. СІм-62</i>		
<i>Н. Контр.</i>		Луцик Н.С.						
<i>Затвердив</i>		Осухівська Г.М.						